COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD
HX00033758

QM551 F69

COLUMBIA UNIVERSITY
DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
THE JOHN G. CURTIS LIBRARY

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Columbia University Libraries

http://www.archive.org/details/lehrbuchdervergl00folh

LEHRBUCH

DER

VERGLEICHENDEN MIKROSKOPISCHEN

ANATOMIE.

DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
COLUMBIA UNIVERSITY

LEHRBUCH

DER

VERGLEICHENDEN MIKROSKOPISCHEN ANATOMIE

MIT EINSCHLUSS DER VERGLEICHENDEN

HISTOLOGIE UND HISTOGENIE

VON

DR. HERMANN FOL

DIREKTOR DES EMBRYOLOGISCHEN INSTITUTS UND O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GENF.

MIT 220 ZUM THEIL FARBIGEN FIGUREN IM TEXT
UND EINEM AUSFÜHRLICHEN REGISTER.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1896.

QM551
F69

Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort.

Als Hermann Fol sich am 13. März 1892 in Havre an Bord des Aster einschiffte, um die Küsten von Tunis und des griechischen Archipels zu erforschen, hatte er die zweite Lieferung seines Lehrbuchs der vergleichenden mikroskopischen Anatomie eben beendet und nahm die Korrekturen der letzten Druckbogen mit auf die Reise, um sie von Nizza aus seinem Verleger zuzustellen.

Das tragische Ende des mutigen und unermüdlichen Forschers ist bekannt, oder kann vielmehr erraten werden. Jahre sind vergangen, ohne eine andere Gewissheit zu bringen, als die einer Katastrophe.

Nachdem alle Hoffnung auf eine Wiederkehr geschwunden war, hielten es die Verwandten und Freunde von Hermann Fol für ihre Pflicht, die von ihm begonnenen Arbeiten nach Möglichkeit zu einem Abschlusse zu bringen. Unglücklicherweise ist der grösste Teil der Aufzeichnungen Fol's, die Frucht langjähriger ununterbrochener Arbeit, mit ihm verschwunden.

Immerhin konnte man in erster Linie daran denken, die zweite Lieferung des Lehrbuchs, welche ja schon im Drucke war, herauszugeben, obgleich die Korrekturen vom Verfasser noch nicht erledigt worden waren. Doch bot sich hier eine Schwierigkeit dar: mehrere wichtige Arbeiten auf demselben Gebiete waren seitdem erschienen. Um ein vollständiges Lehrbuch bieten zu können, hätten auch diese Arbeiten berücksichtigt werden müssen, was nur durch eingreifende Abänderungen des Textes und Neugestaltung der Anordnung hätte geschehen können. Um dieses zu vermeiden und gleichzeitig das Andenken des Forschers zu ehren, erschien es angezeigt, sein letztes Werk in der ursprünglichen Fassung der Öffentlichkeit zu übergeben.

Genf, September 1896.

M. Bedot.

Einleitung.

Definitionen. Die allgemeine Morphologie ist die Wissenschaft von den Strukturverhältnissen der Tiere, insofern sie nicht die Kenntnis des Thatbestandes als Ziel ansieht, sondern vielmehr die allgemeinen Schlüsse, welche aus der Vergleichung der einzelnen Thatsachen sich ergeben. Hierdurch erhebt sich diese Lehre über den Rang einer Sammlung empirischer Kenntnisse und nimmt unter den philosophischen Wissenschaften einen hervorragenden Rang ein. Keine andere Disziplin vermag zur Kenntnis der Stellung des Menschen in der Natur so direkte Beziehungen aufzuweisen. Hauptaufgabe ist ihr die Erforschung des genetischen Zusammenhanges der lebenden Wesen untereinander, indem sie deren Formverhältnisse als Urkunden betrachtet, aus welchen die Geschichte ihrer Entstehung aufgebaut werden soll.

Vergleichende Anatomie und Physiologie. Aus der Betrachtung und Vergleichung der Gestalt innerer und äußerer Organe und Organteile erwächst die vergleichende Anatomie als besonderer Zweig der allgemeinen Morphologie. Indem jedoch die Form nicht bloß als Ursache der Funktion erscheint, sondern auch andrerseits von der Funktion bedingt wird, tritt die Anatomie in nähere und wechselseitige Beziehung zur Physiologie, und können erst beide zusammengenommen die morphologische Aufgabe nach allen Richtungen hin erfüllen. Anatomie und Physiologie stimmen somit in Bezug auf den Gegenstand überein, den sie nur von verschiedenen Standpunkten aus zu betrachten haben.

Vergleichende Anatomie und Embryologie. Anders verhält es sich mit den Beziehungen der vergleichenden Anatomie zur Embryologie. Indem erstere die fertige individuelle Gestalt, letztere deren individuelle Entstehung oder Ontogenie in Betracht zieht, sind beide Disziplinen nur dem Gegenstande nach verschieden, während ihr allgemeiner Gesichtspunkt der gleiche ist. Der Embryologie fällt das bei weitem ausgedehntere Feld zu, da sie die zahllose Reihe der Entwicklungsstadien zu berücksichtigen genötigt ist, die eigentliche vergleichende Anatomie hingegen nur den Zielpunkt der Ontogenie ins Auge faßt. Auch mit Bezug auf den philosophischen Wert ihrer Ergebnisse nimmt die Embryologie weitaus den ersten Rang ein. Es lassen sich aber beide der Morphologie als Zweige unterordnen.

III canus P

Allgemeine Litteratur.

Cuvier, G., Vorlesungen über vergleichende Anatomie. 2. Aufl. Deutsch von Duvernoy. 2 Bde. gr. 8°. Stuttgart, Hoffmann 1837—39. — Kölliker, A., Mikroskopische Anatomie. 2ten Bds. 1. u. 3. Hft. 8°. 1334 S. 438 Figg. 4 Taf. Leipzig, Engelmann 1850—54. — Bergmann, C., und R. Leuckart, Vergleichende Anatomie und Physiologie. 8°. 690 S. 438 Figg. Stuttgart, Müller 1855. — Owen, R., Lectures on the comparative Anatomy and Physiology of the Invertebrate Animals. 2. Aufl. 8°. 690 S. 235 Figg. London, Longman 1855. — Leydig, Fr., Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Tiere. 8°. 550 S. 271 Figg. Hamm, Grote 1857. — Kölliker, A., Handbuch d. Gewebelehre des Menschen. 5. umgearb. Aufl. 8°. 749 S. 524 Figg. Leipzig, Engelmann 1867. — Henle, J., Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. 3 Bde. 8°. Mit vielen farbigen Figg. Braunschweig, Vieweg 1855—68. — Owen, R., On the anatomy of Vertebrates. 3 Bde. 8°. Mit vielen Figg. London, Longmans-Green 1866—68. — Gegenbaur, C., Grundzüge der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. 8°. 892 S. 319 Figg. Leipzig, Engelmann 1870. — Frank, L., Handbuch der Anatomie der Haustiere. 8°. Stuttgart, Ebner & Schubert 1871. — Stricker, S. (unter Mitwirkung zahlreicher Forscher), Handbuch der Lehre von den Geweben. 2 Bde. mit zus. 1248 S. 405 Figg. Leipzig, Engelmann 1871. — Carus, J. V., Geschichte der Zoologie. 8°. 740 S. München, Oldenbourg 1872. — Robin, Ch., Anatomie et Physiologie cellulaires. 8°. 640 S. 83 Figg. Paris, Baillière 1873. — Frey, H., Grundzüge der Histologie. 2. Aufl. 8°. 293 S. 203 Figg. Leipzig, Engelmann 1879. — Gegenbaur, C., Grundriß der vergleichenden Anatomie. 2. Aufl. 8°. 655 S. 356 Figg. Leipzig, Engelmann 1878. — Huxley, Th. H., Grundzüge der Anatomie der wirbellosen Tiere. Deutsch von Spengel. 8°. 617 S. 179 Figg. Leipzig, Engelmann 1878. — Nuhn, A., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. 8°. 676 S. 636 Figg. Heidelberg, Winter 1878. — Van Heurck, H, Le Microscope. 3. Aufl. 8°. 346 S. 170 Figg. Bruxelles, Ramlot 1878. — Pouchet, G., et F. Tourneux, Précis d'Histologie humaine et d'Histogénie. 2. Aufl. 8°. 816 S. 218 Figg. Paris, Masson 1878. — Pelletan, J., Manuel d'Histologie normale. 12°. 332 S. 200 Figg. Paris, Masson 1878. — Kölliker, A., Entwickelungsgeschichte des Menschen etc. 2. Aufl. 8°. 1033 S. 608 Figg. Leipzig, Engelmann 1879. — Krause, C. F. J., Handbuch der menschlichen Anatomie. 3. Aufl. von W. Krause umgearbeitet. 3 Bde. 8°. und Nachtrag, zus. 2135 S. 981 Figg. Hannover, Hahn 1876—81. — Cadiat, L. O., Traité d'anatomie générale. 2 Bde. 8°. 1060 S. 489 Figg. Paris, Delahaye 1879—81. — Hermann, L., in Verbindung mit zahlreichen Gelehrten. Handbuch der Physiologie. 6 Bde. 8°. Mit Figg. Leipzig, Vogel 1881. — Cornil et Ranvier, L., Manuel d'histologie pathologique. 8°. Bd. I. 755 S. und 281 Figg. Bd. II. 1. Lfg. (sow. ersch.) Paris, Baillière 1881—82. — Milne-Edwards, H., Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée. 8°. 4 Bde. Paris, Masson 1857—82. Ranvier, L., Traité technique d'Histologie. 8°. Lfg. I—VI. (sow. ersch.). 976 S. 324 Figg. Paris, Savy 1875—82. (Deutsche Uebersetzung von Nicati u. Wyss. Leipzig, Vogel.) — Schmidt, E. O., Handbuch der vergleichenden Anatomie. 8. Aufl. 1. Bd. 8°. 327 S. und Figg. Jena, Fischer 1882. — Claus, C., Grundzüge der Zoologie. 4. Aufl. 2 Bde. Marburg, Elwert 1879—82. — Balfour, F. M., Handbuch der vergleichenden Embryologie. Uebers. von Vetter. 2 Bde. 8°. Mit vielen Figg. Jena, Fischer 1880—82. — Wiedersheim, R., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. 905 S. 607 Figg. Jena, Fischer 1883. — Heitzmann, C., Mikroskopische Morphologie des Tierkörpers. 8°. 876 S. 380 Figg. Wien, Braumüller 1883. — Latteux, P, Manuel de technique microscopique. 2. Aufl. 1. Bd. 12°. 477 S. 177 Figg. Paris, Delahaye 1883. — Béclard, J, Traité élémentaire de physiologie. 2 Bde. 8°. 378 Figg. Paris, Asselin 1884. — Toldt, C., Lehrbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. 1. Bd. gr. 8°. 680 S. 195 Figg. Stuttgart, Enke 1884. — Orth, Joh., Cursus der normalen Histologie. 3. Aufl. 1. Bd. 8°. 340 S. 108 Figg. Berlin, Hirschwald 1884 — Bronn, G. H., Die Klassen und Ordnungen des Tierreichs. gr. 8°. Mit vielen Taf., fortgesetzt von Keferstein, Gerstäcker, Selenka, Hubrecht, Bütschli. Heidelberg, Winter 1859—84.

Erstes Buch.

Die Technik.

Erster Abschnitt.

Das Sezieren und Präparieren.

Die Kunst, feinste Teile in geschickter Weise zu zergliedern, um anschauliche und belehrende Präparate zu gewinnen, wird namentlich in neuester Zeit zu sehr vernachlässigt. Durch die neueren so bequemen und reinlichen Schnittmethoden ist diese früher hochgepriesene Kunst fast gänzlich in den Hintergrund verdrängt worden. Gegen eine solche Tendenz müssen wir von vornherein Protest einlegen. Die Schnittmethoden sind in vielen Beziehungen gefällig und angenehm und erleidet die Gemütsruhe bei deren Anwendung keinerlei Störung. Hat man sich aber einmal tadellose Schnittserien verfertigt, so fängt bei deren Rekonstruktion eine Arbeit an, die man sich oft durch feine Zergliederung erspart oder unendlich abgekürzt hätte. Der angehende Mikroskopiker sollte es sich daher angelegen sein lassen, das Präparieren rastlos einzuüben und als Hauptmethode stets zu gebrauchen.

Die hierzu nötigen Instrumente sind einfach und unschwer zu beschaffen. Es gehören hierher Pincetten, Messer, Scheren, Nadeln und feine, verschieden gestaltete Klingen.

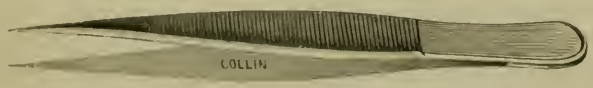


Fig. 1. Feine Pincette von Collin.

Pincetten. Die Pincetten wähle man nicht allzu schwach. Es können ja größere Pincetten ebenso feine Spitzen besitzen wie die allerkleinsten, und lassen sich dabei viel bequemer handhaben. Es sei bei der Wahl dieser Instrumente namentlich darauf geachtet, daß die Spitzen beim Schließen ganz genau zusammenfallen, selbst dann, wenn die Pincette etwas schief und ungleichmäßig angefaßt wird. Sind die Schenkel an

ihrem oberen Teile schmal und schwach, so wird dieses Haupterfordernis schlecht erfüllt, und sind solche leichtgebaute Instrumente schon aus diesem Grunde verwerflich. Die mit queren seichten Furchen versehenen Spitzen ziehen wir den gezähnten vor, weil letztere zwar fest ergreifen, beim Öffnen der Pincette aber das Gefaßte nicht immer sofort loslassen. Sehr bequem sind unter Umständen die gekreuzten Pincetten (Fig. 2),

Fig. 2. Collin's gekreuzte Pincette.

weil sie sich nicht »werfen« können und den Gegenstand ungemein fest halten.

Scheren. Die feinen anatomischen Scheren sind allgemein bekannt und überall zu beschaffen. Man sollte einen Vorrat sowohl von krummen wie von geraden haben, ferner von solchen, deren eine Spitze abgerundet ist, um röhrenförmige Organe ohne Verletzungen schneiden zu können. Am besten sind diejenigen, deren Schenkel sich durch einfaches Öffnen auseinander nehmen lassen. Bei den durch eine Schraube zusammengefaßten Scheren ist die Reinigung zu umständlich, und Reinlichkeit ist ja Haupterfordernis für gute Wirksamkeit des Instrumentes. Sehr empfehlenswert, aber für besonders schwierige Fälle aufzusparen, ist die

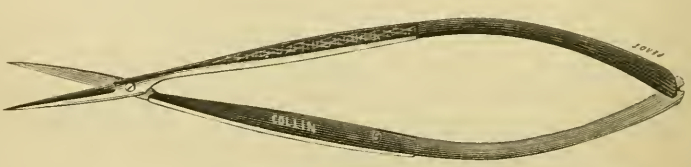


Fig. 3. Collin's federnde Schere.

federnde Schere (Fig. 3), welche sich von selbst öffnet und durch einen einfachen Druck mit der Hand sich schließen läßt.

Messer und Nadeln. Die Messer und Skalpelle bedürfen wohl keiner besonderen Erwähnung. Es sei nur bei der Auswahl der kleinsten und feinsten Klingen darauf geachtet, dass sie nicht zu sehr gehärtet seien, weil sie sonst beim Berühren mit dem Objektträger oder mit harten Skeletteilen sofort an der Schneide schartig werden. Sehr bequem ist für feine Zergliederungen eine Anzahl verschieden gestalteter Klingen, den Instrumenten der Augenärzte ähnlich (Fig. 4). Da das Hantieren mit Säuren

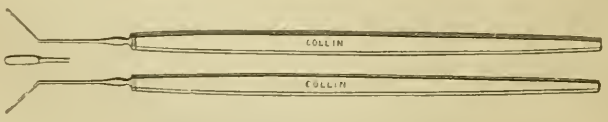


Fig. 4. Rechte und linke Staarnadel.

die Spitzen in kurzer Zeit zugrunde richtet, empfiehlt es sich, getrennte Klingen zu nehmen, welche sich sämmtlich in denselben Nadelhalter einschieben lassen. Feine Häkchen kann man selber mit Leichtigkeit herstellen, indem man eine Nadel erhitzt, nach Belieben krümmt und nach nochmaligem Glühen durch Eintauchen in festes Paraffin wieder härtet. Namentlich sehr empfehlenswert sind die rückwärtsgeschärften sogenannten Staarnadeln. Für das Zerzupfen ferner sind in Gestalt gezähnter Rächen bearbeitete Klingen kaum zu entbehren. Die käuflichen Nadeln besitzen in der Regel keine feinen Spitzen; sie müssen daher abgeschliffen und dann wieder gehärtet und poliert werden. Wespen- und Pflanzenstacheln sind zwar um vieles feiner als unsere feinsten Instrumente, aber leider zu weich und vertragen namentlich keinen längeren Gebrauch in Flüssigkeiten. Sehr fein, aber etwas teuer sind auch die Bohrnadeln, welche die Uhrmacher gebrauchen. Mit zugespitzten Nadeln kann man gut auskommen, wenn man nur stets bedacht ist, dieselben zu reinigen und zeitweise auf dem Schleifstein zu spitzen. Stecknadeln sind zum Fixieren des Objektes während der Arbeit notwendig, und zwar kann man entweder Insektennadeln gebrauchen oder aber Nähnadeln, denen man mit dem Lötrohre eine Schmelzglasperle als Kopf angeschmolzen hat.

Das Fixieren des Objektes. Ein Haupterfordernis der Zergliederung überhaupt besteht darin, den Gegenstand gehörig zu fixieren. Es läßt sich dieser Zweck auf zweierlei Weise erreichen, entweder durch Anheften mit Nadeln an einem weichen Gegenstande oder durch Ankleben resp. Einschmelzen. In der Regel wird die Sektion unter Wasser oder einer andern Flüssigkeit vorgenommen, weil ja die getrennten Teile in der Flüssigkeit schwimmen und mit Leichtigkeit zur Wahrnehmung gelangen, was beim Sezieren an der Luft nicht geschieht, wo die Teile zusammenfallen und deshalb nicht wahrnehmbar sind. Das Präparieren an der Luft wird aus diesem Grunde nur im Notfalle vorgenommen, wenn die Gewebeteile mit keiner anderen Flüssigkeit als dem Erhärtungsreagens in Berührung kommen dürfen, wovon später die Rede sein wird.

Anheften an einer weichen Unterlage. Als Unterlage zum Anheften dient Wachs oder Paraffin oder ein Gemisch von beiden, das man mit so viel Lampenruß versetzt, daß die Masse einen rein schwarzen Ton annimmt. Da solche Massen ein geringes spezifisches Gewicht besitzen und im Wasser zu schwimmen pflegen, so kann man ihnen beim Einschmelzen so viel Schrot oder Bleistückchen einverleiben, daß das Ganze im Wasser untersinkt. In niedrigen Glasgefäßen angebracht, haben solche Unterlagen den Vorteil, daß sie durch Säuren nicht angegriffen und mit Leichtigkeit rein gehalten werden können. Wo keine Säuren in Anwendung kommen, kann man die Wachsplatten mittelst eingelöteter Leistchen am Boden eines niedrigen cylindrischen Kupfergefäßes fixieren. Wir ziehen solche Wachsschüsseln den mit Kork belegten entschieden vor. Der Gegenstand wird auf der Unterlage mit ein paar Nadeln vorläufig

fixiert, aufgeschnitten und die Schnittränder durch Nadeln auseinandergehalten, wobei man eine zu starke Verzerrung der Teile zu vermeiden hat. Besser ist es, die Nadeln mehrmals zu verschieben, als von vornherein durch zu starkes Ziehen das Objekt zu beschädigen. Es ist manchmal vorteilhaft, die Unterlage besonders nach dem Gegenstande zu formen. Für Myriapoden z. B. sind längliche, cylindrisch gewölbte Unterlagen am zweckmäßigsten; dabei fixiert man das Tier auf der vorspringenden Leiste der Länge nach und räumt die Beine seitwärts aus dem Wege. Zum Fixieren der Gliedmaßen und sonstigen dünnen Anhänge, welche beim Durchstechen der Nadel oft abbrechen, sind U-förmig gebogene Drähte sehr anzuraten, welche man umgekehrt in die Wachsmasse steckt, um die Gliedmaßen dadurch einzuzwängen.

Das Einschmelzen. In manchen Fällen ist es besser, vom Aufnageln des Objektes gänzlich Abstand zu nehmen und dasselbe auf andere Weise zu fixieren. Solche Methoden sind um vieles schonender und lassen die natürliche Lage der Organteile besser hervortreten. Es besteht dieses Verfahren darin, daß man das Tier zum Teil in Paraffin oder ähnliche Massen einschmilzt und nur diejenige Seite, von welcher aus das Präparieren vorgenommen werden soll, frei läßt. Man kann aber auch Gyps gebrauchen, damit die Gewebe beim Einschmelzen nicht der Wärme ausgesetzt werden. Bei der Zergliederung von Insekten und manchen Echinodermen, welche ja so leicht an den eingeschnürten Stellen des Leibes beim Durchschneiden des harten Chitinpanzers einreißen, kann man in vielen Fällen durch keine andere Methode als dieses Eingypsen das Ziel erreichen. Handelt es sich um äußerst kleine Gegenstände, welche man unter der Lupe mit feinen Nadeln präparieren muß, so kann man dieselben auf einer Glasplatte mit Gelatine aufkleben und unter Alkohol arbeiten oder mit Canadabalsam, alkoholischer Mastixlösung und dergl. fixieren, um das Wasser als Flüssigkeit gebrauchen zu können.

Zusatzflüssigkeiten beim Präparieren. Frische Gewebeteile besitzen eine Geschmeidigkeit und Durchsichtigkeit, welche die Arbeit vielfach erleichtern. Will man jedoch mikroskopisch feine durchsichtige Organe auffinden, so empfiehlt es sich, dieselben opak zu machen. Es wird dieses dadurch erreicht, daß man sie in einer erstarrenden Säure präpariert; die Kleinenberg'sche Pikrin-Schwefelsäure greift die Instrumente zu scharf an und bietet in dieser Beziehung keinerlei Vorteile vor einer schwächeren Lösung der Pikrinsäure in Wasser. Chromsäure ist auch recht gut verwendbar. Wir ziehen jedoch eine etwa 5 bis 10% Lösung des Chromalauns vor; die präparierten Teile werden alsdann in Chromsäure oder chromsaurer Mischung erhärtet. Zuweilen ist es vorteilhaft, wo man das Präparat nicht zur weiteren mikroskopischen Untersuchung verwenden will, dasselbe in der Flüssigkeit mazerieren zu lassen, um fest verbundene Teile ohne Verletzung trennen zu können. Schwache Kochsalzlösungen oder stärkere Lösungen von gewöhnlichem Alaun in Wasser,

worin die Organe bis zur eintretenden Fäulnis belassen werden, erfüllen diesen Zweck am besten. Schwache Alkoholmischungen leisten ebenfalls recht gute Dienste, wovon übrigens weiter unten die Rede sein wird.

Das Abtöten der Tiere. Recht schwierig ist es in vielen Fällen, die Tiere unversehrt um das Leben zu bringen. Manche ziehen sich beim Absterben so stark zusammen, daß die Organe aus ihrer natürlichen Lage verschoben werden und dem Präparieren die größten Schwierigkeiten bieten. Es ist dies namentlich bei Mollusken der Fall; andere rollen sich auf und erstarren in dieser Lage; andere wiederum ziehen sich stellenweise so stark zusammen, daß sie in mehrere Teile auseinanderfallen, z. B. Synapta, Ophiuren, oder aber sie treiben ihre Eingeweide aus dem Körper heraus (Holothurien, Planarien). Für luftatmende Tiere sind Chloroform und Äther die bequemsten Mittel. Sonst läßt sich wenig allgemeines sagen, denn es verhalten sich oft nahe verwandte Arten sehr verschieden und muß für jede Spezies die beste Methode durch Erproben festgestellt werden. Man versuche 1) das Einlegen in abgekochtes, sauerstofffreies Wasser (Landmollusken) oder das Verweilen in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser, wodurch solche Tiere, deren Nervensystem oberflächlich liegt, wie z. B. Seesterne und Medusen, vollkommen eingeschläfert und durch allmählichen Zusatz von Chromsäure in ganz natürlicher Haltung fixiert werden können; 2) das Einwerfen in warmes Wasser, worin die Tiere langsam sterben (manche Würmer); 3) das Einlegen in ein durch geringe Zugabe eines Erhärtungsmittels oder eines schädlichen Stoffes vergiftetes Wasser, z. B. Äther, Alkohol (A. D. Michael), Glycerin und Alkohol (Andres; ein Gemisch von Glycerin 20 Teile, 70% Alkohol 40 Teile, Seewasser 40 Teile soll dem Seewasser langsam zugegossen werden), Chromsäure, Pikrinsäure, Blausäure in ganz geringen Dosen (Seemollusken, Cölenteraten, Würmer); 4) das Einblasen von Tabaksrauch in das Wasser (Actinien) oder das Zugießen einer Lösung von 1 g Nikotin in 1 ℓ Seewasser (Andres); 5) das Gefrieren (Flemming), indem man die Tiere in ein Gemisch von Eis und Salz legt und nach dem Auftauen injiziert (Süßwassermuscheln, Anodonta u. a. m.); 6) das plötzliche Abtöten durch Einwerfen in heißes Wasser (Holothurien, Blutegel) oder in stärkere Lösungen von Eisenperchlorid (Infusorien, bewimperte Larven, Cölenteraten) oder Sublimate (Planarien), ferner in Lösungen der Osmiumsäure oder deren Dämpfe (Hydra). Man erprobe diese verschiedenen Mittel im gegebenen Falle, bis sich eins findet, welches zum Ziele führt.

Lupen. Ein unumgängliches Instrument bei der feineren Zergliederung ist die Lupe oder das einfache Mikroskop. Die üblichen Simplexlinsen halte ich für verwerflich wegen ihres kurzen Fokalabstandes, wegen des geringen Umfangs und der Unebenheit des Gesichtsfeldes. Sehr gut dagegen sind die sogenannten aplanatischen oder symmetrischen, von Steinheil erfundenen und jetzt in verschiedenen Instituten nachgeahmten Systeme. Es werden solche von verschiedenen Stärken hergestellt,

welche an Ausdehnung und Tiefe des Gesichtsfeldes nichts zu wünschen übrig lassen. Für schwache, etwa 4- bis 8fache Vergrößerungen sind außer den schwächeren Aplanaten auch die Brücke'schen Lupen empfehlenswert. Letztere werden jedoch nicht in allen Firmen in gleicher Güte hergestellt, und es sind uns von den besten Optikern gelieferte zu Gesicht gekommen, welche nur ein schmales und wenig beleuchtetes Gesichtsfeld besaßen. Man thut also besser, sich an die Aplanaten zu halten. Es bestehen letztere aus zwei durchaus gleichen und sich symmetrisch gegenüberstehenden achromatischen Linsen, wobei der innere Raum entweder hohl oder von einem einzigen cylinderförmigen Glasstücke eingenommen wird.

Lupenstative. Kleine Objekte lassen sich in entsprechenden Wachsschüsseln direkt auf dem Lupenstativ aufstellen. Es giebt eine große Anzahl verschiedener Stative. Die meisten leiden an dem Übelstande, daß sie zu schmal und leicht gebaut sind. Die breiten hölzernen sind etwas plump und nehmen zu viel Raum ein. Wir ziehen ein breites metallenes Stativ mit schwerem gußeisernem Fuße den anderen vor und haben danach das übliche Stativ ändern lassen (Fig. 5). Die Einstellung des Spiegels ist bequemer und dadurch die Beleuchtung des Objektes leichter zu bewerkstelligen; dazu kann das Instrument, wenn es außer Gebrauch ist, leicht beiseite gestellt werden. Die Schwere des Fußes genügt, um dem Umwerfen vorzubeugen. Ich lasse unter dem Fuße eine dünne Korkplatte anschrauben, damit der Arbeitstisch nicht beschädigt werde. Hat man dagegen den Gegenstand in einer großen Schüssel fixiert, so benutzt man einen Lupenträger mit schwerem Fuße und langem Arme, welcher am Fuße mittelst Zahn und Rad hinauf- und hinuntergeschoben werden kann (Fig. 6). Wichtig ist es, den Gegenstand, wenn er, wie es meistens der Fall ist, bei auffallendem Lichte betrachtet wird, grell zu beleuchten. Hierzu ist eine Beleuchtungslinse erforderlich, und es empfiehlt sich, das direkte Sonnenlicht oder das Licht einer Lampe zu verwenden; mit diffusem Tageslichte erhält man keine genügende Helligkeit, um das feinste Detail wahrzunehmen.

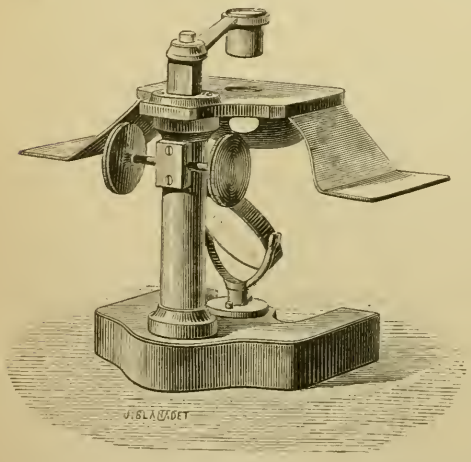


Fig. 5. Des Verf. Lupenstativ aus der genfer Werkstätte in Plainpalais.

Die Sezierkunst. Hauptsache ist bei Ausführung einer feinen Sektion, daß man mit ausgeruhten Muskeln und mit klarem Kopfe zu Werke gehe.

Geduld ist hier mehr als sonst irgendwo erforderlich; man gehe stets langsam vor und führe keinen Schnitt aus, ohne sich die Sache überlegt, ohne seine Wirkung zuerst berechnet zu haben. Ist ein Organ, welches konserviert werden sollte, einmal angeschnitten, so kann man es in keiner Weise reintegrieren. Eine einzige sorgsam und vorsichtig ausgeführte Präparation ist belehrender als mehrere hastig und sorglos abgefertigte Sektionen. Bloße manuelle Fertigkeit ist keineswegs genügend, sondern der Geist muß dabei sein, um alle Umstände, auch die geringfügigsten, zu beobachten. Manches unscheinbare Detail kann den denkenden Arbeiter zur Erkenntnis wichtiger Thatsachen führen.

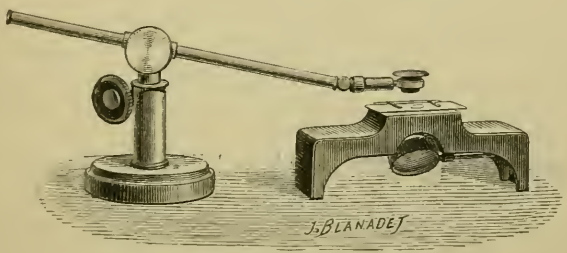


Fig. 6. Lupenstativ der genfer Werkstätte.

Das Aufbewahren feiner Sektionspräparate. Es können nur feste Teile im trocknen Zustande aufbewahrt werden; das Entwässern weicher Gewebe durch Einlegen in absoluten Alkohol, nachher in Terpentinöl und schließliches Trocknen an der Luft (L. Fredericq-Semper) liefert nur makroskopisch brauchbare Präparate. Unter der Lupe oder dem Mikroskop erscheinen die Organe rauh und höckerig und bieten durchaus kein getreues Bild mehr. Will man nun die Teile für die Untersuchung bei auffallendem Lichte opak haben, so muß man sie in Alkohol oder salzigen Lösungen halten. Mit solchen Medien lassen sich aber keine haltbaren mikroskopischen Präparate anfertigen; besser ist es, man gebe sich keine besondere Mühe, um das Präparat zu verschließen, sondern verklebe es einfach mit Chromgelatine und lege das Ganze in eine Flasche mit Spiritus ein. Soll es bei durchfallendem Lichte betrachtet werden, so kann man mit Leichtigkeit ein Glycerin- oder Canadabalsam-Präparat anfertigen, wovon weiter unten die Rede sein wird. Solche in hohlgeschliffene Objektträger oder in Glaszellen eingeschlossene Teile bieten äußerst lehrreiche Bilder.

Litteratur.

Straus-Dürckheim, H., Traité pratique et théorique d'anatomie comparative. 2. Bd. 870 S. u. 3 Taf. Paris, Méquignon 1842. — Hyrtl, J., Handbuch der praktischen Zergliederungskunst. 8°. 762 S. Wien, Braumüller 1860. — Exner, S., Leitfaden bei der mikrosk. Unters. tierischer Gewebe. 2. Aufl. 8°. 96 S. 7 Figg. Leipzig, Engelmann 1878. — Mojsisovics, Aug., von Mojsvar. Leitfaden bei zoolog.-zootom. Präparierübungen. 8°. 232 S. 110 Figg. Leipzig, Engelmann 1879.

Zweiter Abschnitt.

Das Injizieren.

Das Injektionsverfahren. Um Hohlräume oder Gefäße zur Anschauung zu bringen, giebt es kein besseres Mittel als das Einspritzen gefärbter Flüssigkeiten in dieselben. Die besten Präparate erhält man mit erstarrenden Lösungen, welche, einmal geronnen, nicht mehr ausfließen können, auch wenn die Gefäße angeschnitten werden. Es bietet jedoch die Anwendung solcher Gemische manche Schwierigkeiten, so daß man in vielen Fällen mit einfachen Flüssigkeiten vorlieb nehmen muß. Wir wollen zunächst die gebräuchlichsten Massen anführen und werden alsdann zur Beschreibung der Apparate übergehen, mit welchen man die Injektion vornehmen kann.

Die Injektionsmassen. Die verschiedenen Injektionsmassen lassen sich am besten nach den Lösungsmitteln einteilen, in welchen die Farbstoffe gelöst sind, und zwar müssen wir zunächst die grobkörnigen Gemische mit Harz- und Fettsubstraten von den warmflüssigen, durch die Kälte erstarrenden Emulsionen unterscheiden; ferner die kaltflüssigen, in Alkohol erstarrenden Massen und zuletzt die flüssig bleibenden Emulsionen.

Harz- und Fettmassen. Die Harz- und Fettmassen finden in der feineren Anatomie nur seltene Anwendung und werden hier nur der Vollständigkeit halber mit angeführt. Man verwendet nach Hyrtl am besten hierzu die in Bleiröhrchen im Handel vorkommenden Farben der Ölmalerei, und zwar namentlich das Chinese Vermilion, Chrom yellow, Emerald Green, Nottingham White mit Prussian blue gemischt.

Eine der besten Massen besteht aus Folgendem: 2 Teile weißes Wachs und 2 Teile Canadabalsam werden zusammengeschmolzen und der halberkalteten Mischung 2 Teile mit Mastixfirnis und etwas Mennige gut zerriebener Zinnoberfarbe hinzugefügt.

Kaltflüssige Massen erhält man, indem das warmflüssige Gemisch mit soviel Terpentinöl, oder besser Schwefelkohlenstoff umgerührt wird, daß eine in der Kälte etwas dickflüssige Masse entsteht.

In den Gefäßen verliert sich der Schwefelkohlenstoff allmählich durch Abdampfen, dabei würde die Füllung nur unvollständig ausfallen, wenn nicht weitere Mengen der Lösung nachgespritzt würden. Am besten gebraucht man hierzu einen Apparat mit konstantem Druck und läßt das Injizieren mehrere Stunden oder Tage im Gange.

Man kann aber auch, wie Hoyer angiebt, eine dichte Auflösung von Siegellack in Spiritus gebrauchen.

Der in Stücke zerschlagene Siegellack wird mit soviel 80% Spiritus übergossen, als nötig, um ihn gerade nur zu bedecken, 24 Stunden stehen gelassen, im Wasserbade erwärmt bis zur vollständigen Auflösung und mit verschiedenen Farbstoffen gefärbt. Die Masse gerinnt in den Gefäßen recht bald von selbst.

Eine andere Zusammensetzung empfiehlt Dr. Griesbach, bestehend aus gleichen Teilen weißem und gelbem Wachs in Terpentinöl bei Wärmeanwendung gelöst mit oder ohne Beimischung von etwas Walrat. Der erkalteten Lösung wird Olivenöl oder Mohnsamen eingerührt; letzterer muß vorher mit schwefelsaurem Blei- oder Baryumoxyd oder Jodkalium im Mörser zusammen gerieben werden.

Leimmassen. Die Leimmassen sind weiter nichts, als ein in einer Leimgallerte so fein verteilter Farbstoff, daß derselbe unter ziemlich starken Vergrößerungen keine wahrnehmbare Körnelung aufweist. Beim Erwärmen wird die Masse flüssig und erstarrt nachher beim Erkalten. Man hat es durch größeren oder geringeren Wasserzusatz ganz in der Hand, die Verflüssigungs- resp. Erstarrungstemperatur zu erhöhen oder herabzusetzen. Die Farbe muß sich jedenfalls in festem, niedergeschlagenem Zustande befinden und darf auf keinen Fall löslich sein, da sie ja sonst aus den injizierten Gefäßen in das umgebende Gewebe diffundiert und dasselbe mitfärbt. Unter allen hierzu verwendbaren Farbstoffen steht in jeder Beziehung obenan das Karmin.

Rote Leim-Karminmasse. Man stelle sich eine möglichst starke Lösung von Karmin-Ammonium her, etwa in folgender Weise:

Ein Raumteil starker Ammoniakflüssigkeit wird mit drei Raumteilen destilliertem oder Regenwasser vermischt und Karminpulver so lange hinzugefügt, bis ein auch nach stundenlangem Stehen und Schütteln ungelöster Rückstand übrig bleibt. Die käuflichen Karminsorten sind meistens mit Mehl, Kreide, Gyps und dergl. mehr verunreinigt, welche Stoffe in der Ammoniakflüssigkeit nicht aufgelöst werden können. Man achte also darauf, daß ein aus Karmin bestehender Rückstand übrig bleibt. Hierauf wird die Lösung langsam abgegossen und an einem warmen Orte einen bis zu zwei Tagen stehen gelassen, bis der Ammoniakgeruch nicht mehr stechend ist. Die abfiltrierte Flüssigkeit wird mit Kampherstückchen in einer gut verschlossenen Flasche aufbewahrt.

Um nun die Leimkarminmasse herzustellen, verfährt man folgendermaßen: Man nehme eine in dünnen Blättern hergestellte Gelatine, wie solche heutzutage überall zu haben ist, und zerschneide dieselbe in lange Streifen, oder besser noch, man nehme die bereits zugeschnittene, für photographische Zwecke hergestellte weiche Gelatine und lasse die Streifen in einer genügenden Menge Karminlösung 2 Tage lang aufquellen. Hierauf werden die dunkelrot gefärbten Streifen herausgenommen, ganz kurz abgespült und in ein Wasser gelegt, welches mit einer Spur Essigsäure versetzt ist. Nach einer Stunde kann man wieder einige Tropfen Essigsäure zusetzen, um das Ammoniak ganz zu sättigen. Nach einigen Stunden wirft man die blutrot gewordenen Leimblätter in ein Sieb, stellt dasselbe in ein größeres Gefäß und läßt Wasser mehrere Stunden lang durchrieseln, um den Ammoniak- oder Essigsäure-Überschuß und das gebildete essigsaure Ammoniak ganz zu entfernen. Man läßt das Wasser abfließen, trocknet die Blätter auf Wachspapier oder auf einem Netze ein und erhält hierdurch eine in der Leimmasse so fein verteilte Karminemulsion, daß sie den Eindruck einer gelösten Farbe macht. Es läßt sich diese gefärbte Gelatinefolie beliebig lange Zeit aufbewahren. Zum Injizieren nehme man einige Blätter dieser roten Gelatine, lasse dieselben in Wasser eine Stunde lang einweichen und schmelze sie alsdann im Wasserbade ein. Je nachdem die Masse dick- oder dünnflüssig sein soll, nehme man für ein Gewichtsteil Gelatine 10 bis 20 Teile Wasser.

Es empfiehlt sich die angegebene Darstellungsmethode wegen ihrer Einfachheit. Das folgende Verfahren, obschon etwas komplizierter, verdient eine besondere Erwähnung, weil die Resultate besser sind und größere Sicherheit gewähren. Die in der Karminlösung aufgequollenen Gelatinestückchen werden im Wasserbade mit

einer größeren oder geringeren Menge von der Lösung zusammengeschmolzen. Man setzt derselben so viel Essigsäure zu, als nötig ist, um die dunkel karminrote in eine hell blutrote Farbe zu verwandeln. Dabei sei man bedacht, den Zusatz von Säure zu unterbrechen, sowie der Ammoniakgeruch verschwunden ist; zu wenig Säure schadet nicht, zu viel Säure verursacht einen grobkörnigen Niederschlag, welcher das ganze Präparat verdirbt. Man läßt die Masse erkalten, und nachdem sie geronnen ist, bindet man sie in ein Stückchen groben Tüllstoff oder in ein Netz ein und preßt sie unter Wasser in feinen Nudeln durch. Die Nudeln werden alsdann auf dem Siebe ausgewaschen und eingetrocknet. Hierbei ist zu beachten, daß, je mehr Karminlösung mit der Gelatine eingeschmolzen wird, desto dunkler und intensiver die trockene Masse gefärbt erscheint, und daß man die fertige Masse desto dünner und wasserreicher herstellen kann, ohne zu geringes Kolorit befürchten zu müssen.

Übelstände, die sich einstellen können, und deren Abhilfe. 1) Die rote Farbe diffundiert beim Waschen in das Waschwasser. — Ursache: Es ist ein starker Überschuß von Ammoniak vorhanden. — Abhilfe: Neutralisieren durch Zusatz von etwas Säure zum Waschwasser.

2) Die Masse staut in den Gefäßen und den Kanälen an. — Ursachen: Es sind feste Teilchen oder Fäserchen beigemengt oder die Masse gerinnt zu schnell. — Abhilfe: Erneutes Abfiltrieren der Masse, die Lösung wärmer einspritzen oder durch Wasserzusatz die Gerinnungstemperatur herabsetzen.

3) Die injizierten Gefäße erscheinen hellfarbig. — Ursache: Zu geringer Karmingehalt der Masse — Abhilfe: Stärkere Karminlösung anwenden und eine größere Menge derselben mit der Gelatine zusammenschmelzen.

4) Die Masse erscheint grobkörnig. — Ursache: Es ist zu viel Essigsäure zugesetzt worden. — Abhilfe: keine; die Masse wegwerfen und von vorn anfangen.

Blaue Leimmasse. Am allerbequemsten ist für diesen Zweck das sogenannte Berlinerblau. Man braucht nur den im Wasser aufgequollenen Leim ohne Wasserzusatz im Wasserbade einzuschmelzen und so viel mit dem löslichen Blau geschwängertes destilliertes Wasser zuzusetzen, daß die auf einem Glasstreifen dünn ausgebreitete Masse eine tiefblaue Farbe zeigt. Die Masse gerinnt etwas im Anfange, wird aber beim weiteren Erwärmen wieder ganz flüssig. Leider ist dieser Farbstoff nicht haltbar und verblaßt gänzlich nach kürzerer oder längerer Zeit im geschlossenen Präparat. Durch geeignete Oxydationsmittel, z. B Terpentinöl, kann man zwar den ursprünglichen Farbenton wieder herstellen, die Prozedur ist aber umständlich und für das Präparat nicht ohne Gefahr.

Wenn auch das lösliche Berlinerblau für histologische Zwecke präpariert und käuflich zu haben ist, so wollen wir doch die von Brücke vorgeschlagene Herstellungsmethode folgen lassen. Es sei hier gleich die Bemerkung vorausgeschickt, daß die Bezeichnung als lösliches Blau eine ungeeignete ist. Die Farbe befindet sich im niedergeschlagenen Zustande, besitzt aber die Eigenschaft, sich so fein im Wasser zu verteilen, daß der Eindruck einer Lösung entsteht.

Man stelle eine Lösung von Kaliumeisencyanür, d. h. gelbem Blutlaugensalz her, wovon auf ein Liter Wasser 13,6 g kommen, und bereite eine zweite Solution, in welcher man 1 Teil käuflichen Eisenchlorids in 10 Gewichtsteilen Wasser löst. Von beiden Lösungen benutzt man gleiche Volumina und fügt jedem derselben das doppelte Volumen einer kalt gesättigten Solution von schwefelsaurem Natron zu. Nun trägt man vorsichtig und unter beständigem Rühren das Eisenchlorid in die erste Mischung ein. Das Präzipitat wird auf einem Filtrierpapier gesammelt und mit

destilliertem Wasser auf das sorgfältigste abgespült, bis ein blaues Filtrat zum Vorschein kommt. Um eine wirklich gute feine Farbe zu erhalten, müssen nur reine Chemikalien in Gebrauch genommen und die Prozedur mit der größten Sorgfalt ausgeführt werden.

Eine etwas größere, wenn auch nicht unbedingte Haltbarkeit beansprucht die nach folgender von Thiersch vorgeschlagener Anweisung hergestellte Masse.

Man stelle sich eine kalt gesättigte wässerige Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul (A) her, eine gleiche von rotem Blutlaugensalz (B) und eine gleiche von Oxalsäure (C). Endlich ist eine warme konzentrierte (2:4) Lösung von feinerem Leime erforderlich. Man vermischt nun in einer Porzellanschale etwa 10 g von der Leimlösung mit 4 kcm von der Solution A. In einer zweiten größeren Schale findet die Vermengung von 20 g Leimlösung mit 8 kcm von der Lösung B statt, wozu nachträglich noch 8 kcm von der Oxalsäuresolution C hinzukommen.

Ist die Masse in beiden Schalen auf circa 25—32° abgekühlt, so fügt man tropfenweise und unter beständigem Rühren den Inhalt der ersten Schale dem Gemisch der letzteren hinzu. Nach vollständiger Fällung erhitzt man unter Umrühren eine Zeit lang die gebildete Masse auf 70—100° C. und filtriert sie schließlich durch Flanell. Man kann diese Masse auswaschen und eintrocknen, wie oben für Karminmasse angegeben, muß aber beim Gebrauch der vorher in Wasser aufgequollenen Masse so viel Oxalsäure zusetzen, als nötig, um eine vollständige Verflüssigung herbeizuführen.

Gelbe Leimmassen. Die schönste gelbe Injektionsmasse wird nach der von Thiersch vorgeschlagenen Formel zubereitet; sie erfordert jedoch einige Sorgfalt.

Man stelle sich eine wässerige Lösung her von einfach chromsaurem Kali in dem Verhältnisse von 4 : 11 (A) und zweitens eine gleich starke Lösung von salpetersaurem Bleioxyd (B).

In einer Schale verbindet man 1 Teil der Lösung A mit 4 Teilen einer konzentrierten Leimsolution. In einer zweiten Schale werden 2 Teile der Bleisalzlösung B mit 4 Teilen Leim vermengt.

Dann vermischt man bei einer Temperatur von etwa 25—32° C. langsam und vorsichtig, sowie unter beständigem Umrühren, den Inhalt beider Schalen mit einander und erhitzt die Masse etwa eine Stunde lang auf 70—100° C. auf dem Wasserbade. Endlich wird durch Flanell oder gereinigte Verband-Baumwolle filtriert.

Durch das chromsaure Kali erleidet der Leim unter Luftzutritt eine Veränderung, welche denselben allmählich in den unloslichen Zustand überführt. Es läßt sich aus diesem Grunde diese schöne Masse weder feucht noch trocken aufbewahren und muß möglichst bald nach der Zubereitung in Gebrauch genommen werden.

Weniger schön als die vorige, aber etwas haltbarer ist folgende für Versuchsinjektionen sehr gebräuchliche Masse:

Man löst 60 Gewichtsteile Bleizucker in 100 kcm Wasser, ebenso in einer gleichen Menge Flussigkeit 25 Teile doppelt-chromsaures Kali. Durch sorgfältiges Vermischen, am besten in einem hohlen Glascylinder, gewinnt man ein sehr feinkorniges, chromsaures Bleioxyd, welches sich allmählich am Boden des Gefäßes absetzt. Sowie das Präzipitat gefallen ist, gießt man die darüberstehende Lösung ab, wascht mit destilliertem Wasser und trägt die gelbe Farbe als dicken Schlamm in die erwärmte Leimlosung ein. Man darf das gelbe Pulver auf keinen Fall längere Zeit unter Wasser stehen lassen, weil sich sonst die kleinen Körnchen zusammenballen und der Masse ein grobkorniges Gefüge verleihen.

Grüne Leimmassen. Grüne Injektionsmassen stellt man am leichtesten durch Vermischen der gelben und blauen Farben nach Thiersch's Formeln her. Man kann sie ganz gut entbehren, und es findet diese Farbe

nur bei Liebhabern und Präparatenfabrikanten eine ausgedehntere Anwendung.

Braune und schwarze Leimmassen. Diese äußerst feinkörnigen und haltbaren Leimemulsionen sind trotz ihrer Kostspieligkeit in allen Fällen empfehlenswert, wo mehrere Injektionen in verschiedenen Gefäßbezirken des gleichen Teiles stattfinden müssen, oder wo die Gewebe rot oder blau gefärbt werden und die Gefäße durch ihre Farbe vom Grundgewebe abstechen sollen.

Man löse 14 g Kochsalz in 200 kcm Wasser und lasse 50 g Gelatine darin aufquellen. Der im Wasserbade geschmolzenen Masse setze man ganz allmählich unter starkem Schütteln eine Lösung von 30 g Silbernitrat in 100 kcm Wasser hinzu. Soll die Masse äußerst feinkörnig sein, so nehme man in beiden Lösungen die drei- bis vierfache Wassermenge. Die feinkörnige weiße Emulsion wird zum Erstarren beiseite gestellt, durch ein feines Netz unter Wasser in Nudeln ausgepreßt, in fließendem Wasser abgewaschen, bei hellem Tageslichte umgerührt und schließlich mit folgendem Gemisch behandelt: Kaltgesättigte Lösung von oxalsaurem Kali, 300 kcm, und ebensolche Solution von schwefelsaurem Eisenoxydul, 100 kcm. Die Operation ist beendet, wenn die ganze Masse durch und durch schwarz erscheint. Man wäscht sie mehrere Stunden in fließendem Wasser und trocknet die Nudeln ein. Die Farbe zeigt sich bei durchfallendem Lichte dunkel-sepiabräunlich.

Will man lieber einen grauschwarzen Ton haben, so setze man der ersten Lösung 24 g Bromkalium statt des Chlornatriums zu; die übrigen Operationen sind die gleichen wie oben.

Purpur- bis violettrote Leimmasse. Eine prachtvolle Farbe, deren Nüance jedoch zwischen kirschrot und violett nach unbestimmbaren Umständen schwankt, stellt man sich folgendermaßen her:

Eine feinkörnige Chlorsilber-Emulsion wird in derselben Weise wie zur Herstellung der braunen Farbe zubereitet und behandelt, nur mit dem Unterschiede, daß man statt des Oxalsäure-Eisenoxydulgemisches folgende Lösung zur Reduktion des Silbers gebraucht:

Wasser	300 Raumteile
Alkoholische Lösung des Hydrochinons ($^1/_{20}$) . . .	82 –
Wässerige Lösung von kohlensaurem Ammoniak ($^1/_{30}$)	60 –

Es läßt sich jedoch diese prachtvolle Farbe nicht aufbewahren, weil das Hydrochinon den Leim bald in unlöslichen Zustand versetzt.

Kaltflüssige gerinnbare Injektionsmassen. Alle angeführten Leimmassen müssen warm in das vorher erwärmte Tier injiziert werden. Die weiter unten beschriebene Prozedur wird durch das Warmhalten wesentlich erschwert. Man hat also den Versuch gemacht, kaltlösliche gerinnbare Substanzen zu gebrauchen, und zwar gehören hieher geschlagenes und abgestandenes Eiweiß oder Albumin, und das Gummi arabicum. Es lassen sich aber mit diesen Substraten keine doppelten Zersetzungen vornehmen, um feinkörnige Emulsionen zu gewinnen, weil sie die Säuren nicht vertragen und sofort gerinnen. Wir sind somit lediglich auf das lösliche Berlinerblau und das gefällte Chromgelb als Farbstoffe angewiesen. Zudem sind beide dickflüssig und dringen in die Kapillargefäße nur mit Mühe ein. Wir halten beide für verwerflich, möchten aber statt derselben eine andere Substanz vorschlagen, nämlich das Metagelatin.

Metagelatinmassen. Läßt man eine Leimlösung mehrere Stunden mit geringer Ammoniakzugabe im Wasserbade in Siedehitze verweilen, so geht dieselbe nach und nach in einen Zustand über, wo sie durch Erkältung nicht mehr zur Gallerte gerinnen kann. In diese kaltflüssige Lösung kann man das lösliche Berlinerblau oder das Chromgelb eintragen. Man kann aber auch eine der oben angeführten rotbraunen oder schwarzen Leimmassen so lange abkochen, bis das spontane Gerinnungsvermögen verloren gegangen ist. Wird verdünnter Alkohol vorsichtig hineingemischt, so erhält die Masse eine dünnflüssigere Beschaffenheit und läßt sich mit Leichtigkeit bis in die feinsten Kapillarnetze einspritzen. Das Objekt wird alsdann in starken Alkohol oder in Chromsäure gelegt, wo die Metagelatine bald erstarrt. In Bezug auf Bequemlichkeit in der Handhabung lassen diese Massen kaum etwas zu wünschen übrig.

Die Öleinspritzung. Diese von Altmann empfohlene Methode eignet sich namentlich zur Herstellung von Korrosionspräparaten, indem man die Gewebe durch geeignete Mittel zerstört und nur das isolierte Injektionsbild bewahrt. Die Gefäße werden in gewöhnlicher Weise injiziert, die Masse besteht aber aus Oliven- oder Ricinusöl. Injizierte Membranen werden sofort in 1% Osmiumlösungen eingelegt; dickere Organe müssen vorerst in dünne Scheiben zerlegt werden, und zwar im gefrorenen Zustande, damit das Öl nicht ausfließe, bis die Gerinnung in der Osmiumsäure erfolgt ist. Nach 24stündiger Einwirkung der Säure zeigt sich das Öl in eine schwarze, feste Masse umgewandelt, welche den verschiedensten Lösungsmitteln widersteht. Es eignet sich dies Verfahren ganz besonders zur Einspritzung in die Lymphräume, indem man entweder die Blutgefäße durch übermäßigen Druck zum Platzen bringt oder mit einer Einstichkanüle das Öl direkt in die Zwischenräume des mesodermalen Gewebes eindringen läßt.

Glycerinalkohol-Gemische. Sehr beliebt zur Verdeutlichung feinster Gefäße sind die beiden von Beale vorgeschlagenen Flüssigkeiten, aus Alkohol und Glycerin bestehend, von denen die blaue und die rote Masse ganz vorzüglich sind. Ich lasse die von Beale vorgeschlagene, mit den für die blaue Flüssigkeit von Frey eingeführten Verbesserungen folgen:

10 Tropfen englischer Eisenchloridtinktur werden in einem kleinen Kolben mit 15 g gutem Glycerin vermischt, 18 ctg Kaliumeisencyanür in einer geringen Quantität Wasser gelöst, mit weiteren 15 kcm Glycerin in einem zweiten kleinen Kolben vereinigt. Man vermischt dann beide Lösungen sehr vorsichtig unter starkem Schütteln und fügt endlich noch 15 kcm Wasser mit 3 Tropfen starker Salzsäure hinzu.

Der vorigen kaum nachstehend, jedoch mit weniger Sicherheit herzustellen ist die folgende rote Emulsion:

31 ctg Karmin werden mit etwas Wasser verbunden, dann durch 5 bis 10 Tropfen starker Ammoniakflüssigkeit gelöst und die Lösung mit 15 g Glycerin unter Schütteln verdünnt. Andere 15 g Glycerin werden mit 8—10 Tropfen konzentrierter Salz- oder (besser) Essigsäure angesäuert und der Karminlösung unter starkem Umschütteln langsam und allmählich zugesetzt. So fällt das Karmin höchst feinkörnig aus, und das Ganze nimmt die hellere (arteriell rote) Färbung an. Zur Verdünnung

dient ein Gemisch, bestehend aus 15 g Glycerin, 7,5 g gewöhnlicher Alkohol und 22,5 ccm Wasser.

Die einzige Schwierigkeit bei dieser Darstellung bietet das genaue Neutralisieren des Ammoniums durch Essigsäure, was allerdings nur bei äußerster Vorsicht gelingt.

Obschon diese Flüssigkeiten beim Anstechen oder Offenlassen der Gefäße größtenteils ausfließen, so bleibt doch immer noch genug Farbstoff an den Gefäßwänden hängen, um dieselben sichtbar zu machen. Nach längerem Verweilen des Präparates in absolutem Alkohol diffundiert das Glycerin aus den Gefäßen, der Farbstoff schlägt sich an den Wänden nieder und bleibt auch in feinsten Schnitten daran hängen. Sind solche Präparate unter Umständen fast ebenso lehrreich wie die mit Leimmassen injizierten, so sind sie lange nicht so hübsch und gefällig und auch nicht so übersichtlich.

Terpentinöl, Silbernitratlösungen etc. Zur Explorativ-Einspritzung, namentlich bei wirbellosen Tieren, wo man bei der Einführung der Kanüle mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen hat und froh sein muß, wenn man nur die Gefäßverteilung überhaupt sichtbar machen kann, bedient man sich gerne solcher Lösungen, die besonders leicht eindringen. Hierher gehört vor allem das Terpentinöl, welches man mit löslichem Blau oder Alkanna färben kann, ferner in Chloroform gelöster Asphalt oder eine wässerige Höllensteinlösung mit etwas Alkohol versetzt.

Bei Wirbeltieren kann eine etwa $^1/_4$ bis 1 % Lösung des salpetersauren Silbers dazu benutzt werden, um die Gefäße zu schwärzen und zugleich die Scheidewände der Endothelzellen sichtbar zu machen. Auf diese Einspritzung läßt man nach ein paar Minuten einen Wasserstrom folgen und läßt alsdann das Präparat mehrere Stunden lang dem Lichte ausgesetzt stehen. Dünne Gewebeteile, zumal von wirbellosen Seetieren, legt man wieder in Seewasser, wo das Silber niedergeschlagen wird und eine schwarze Färbung zustande kommt.

Injektionsmethoden. Das Injizieren erfordert drei verschiedene Operationen, nämlich das Einführen der Kanüle, das Eintreiben der Flüssigkeit und die Nachbehandlung. Die Einspritzung kann durch das Herz des lebenden Tieres oder durch Fingerdruck mittelst einer Spritze oder eines Kolpeurynters, oder endlich durch einen Druckapparat geschehen. Wir wollen diese verschiedenen Rubriken der Reihe nach anführen und die nötigen Bemerkungen und Kautelen anknüpfen.

Das Einführen der Kanüle. Bei Wirbeltieren und einigen Mollusken bietet diese Operation keine besonderen Schwierigkeiten dar. Das zum Injizieren ausgewählte Gefäß wird möglichst isoliert, von der Bindegewebshülle, wo solche vorhanden ist, befreit und nun der Länge nach auf einer kurzen Strecke aufgeschnitten. Der Schlitz soll etwa $1^1/_2$ bis 2mal so lang sein wie der Durchmesser des Gefäßes, und möglichst rein geschnitten. Mit einem stumpfen Haken oder einer durchgeführten Schnur wird dasselbe leicht angezogen und die Kanüle unter spitzem Winkel eingeschoben. Man achte besonders darauf, daß der Durch-

messer der Kanüle dieselbe ohne starke Reibung in das Lumen des Gefäßes einzuführen gestatte. Hierzu ist eine Auswahl von Kanülen verschiedenen Kalibers erforderlich. Geht die Kanüle zu frei hinein, so ist das Unterbinden sehr erschwert; ist sie nur durch Kraftanwendung hineinzubringen, so kann die innerste Haut, die Intima, durchreißen und den Gang verschließen. Man lasse es sich also nicht verdrießen, so lange zu suchen, bis man die passende Kanüle gefunden hat. Schon vor deren Einführung muß ein Faden unter dem Gefäß durchgeführt werden; hierzu nimmt man am besten ungedrehten Faden, wie ihn die Schuster gebrauchen, und zieht denselben mehrmals durch ein Stück gelbes Wachs, damit er in der Feuchtigkeit nicht weich werde. Die Kanülen sollten alle mit einer Ringfurche, etwas oberhalb der Spitze, versehen sein. Man binde nun den Faden über der eingeführten Kanüle in solcher Weise zusammen, daß die Gefäßwand in der Furche eingeklemmt wird, und mit den Fadenenden binde man auch noch den oberen Teil der Kanüle an, um dem Ausgleiten ganz vorzubeugen. Ist das Röhrenkaliber etwas eng, so fülle man die Kanüle vor dem Einführen mit Wasser, damit nachher keine Luftblasen in die Gefäße eingetrieben werden, wodurch unangenehme Verstopfungen ganzer Gefäßbezirke herbeigeführt werden können. Ist diese erste Operation glücklich vollführt, so bietet die Einspritzung keine weiteren Schwierigkeiten. Es wird die Spritze oder das mit einem Ansatz versehene Kautschukrohr in den oberen Teil der Kanüle eingeführt, wobei man nur darauf zu achten hat, daß die Injektionsmasse das Rohr oder die Spritze bis an den Rand ausfüllt, und läßt dann den Druck langsam und allmählich zur Geltung kommen.

Injektion dünnwandiger Gefäße. Ganz anders gestaltet sich die Prozedur bei den meisten wirbellosen Tieren oder bei der Einspritzung in äußerst dünnwandige Gefäße, wie solche in seltenen Fällen auch bei Wirbeltieren stellenweise vorkommen, namentlich bei jüngeren Embryonen. An ein Verbinden des Gefäßes ist hier gar nicht zu denken, denn es wird die Gefäßwand schon lange vor Beendigung der Operation mehrfach durchrissen und fällt bis zur Unkenntlichkeit zusammen. In diesen Fällen muß man spitze, schief abgestutzte Kanülen gebrauchen, etwa wie die zur subkutanen Einspritzung von Ärzten angewandten Pravaz'schen Spritzen, nur mit dem Unterschied, daß die Spitze kurz abgestutzt und an den Seitenteilen abgerundet, statt scharf geschliffen sein muß. Eine geringe olivenförmige Anschwellung dicht oberhalb der Spitze ist oftmals von großem Nutzen. Sowie man nun beim Präparieren das Gefäß deutlich zu Gesicht bekommt, wählt man sich sofort eine entsprechende Kanüle, setzt dieselbe der Spritze auf, läßt die Injektionsmasse bis in die Spitze steigen und sticht dieselbe in die obere Gefäßwand ein. Im Augenblick, wo dieses geschehen ist, muß die Einspritzung unter leisem, vorsichtigem Druck beginnen. Mit der einfachen Spritze hat der Ungeübte große Mühe das Instrument ruhig zu halten und den Druck allmählich zu steigern. Bedeutend bequemer ist in dieser Be-

ziehung der von Lacaze-Duthiers ersonnene Apparat mit der Collin'schen Hahnkanüle, welche weiter unten ihre Besprechung finden wird.

Es fließt selbstverständlich, da keine Unterbindung stattfinden kann, ein großer Teil der Flüssigkeit neben der Kanülenspitze wieder heraus; diesen Übelstand muß man aber ertragen und froh sein, wenn die Gefäße sich zum großen Teil füllen. Man kann aber auch nach Flemming die aufgestochene Stelle mit Gypsbrei zu verschließen suchen, indem man ihn um die Kanüle herumlegt, oder aber man kann die ersten herausfließenden Tropfen durch absoluten Alkohol, Chromsäure oder Eisenperchlorid zum Gerinnen bringen. Sofort nach der Einspritzung sucht man die Öffnung mittelst einer »Serre-fine« (Fig. 7) zu verschließen und bringt das Präparat in starken Alkohol. In besonders schwierigen Fällen muß man damit zufrieden sein, ein paar Tropfen der gefärbten Flüssigkeit eingeführt zu haben, die man alsdann mit einem stumpfen Instrumente weiter treibt. Ähnlich, aber doch bedeutend leichter, gestaltet sich die Füllung von Lakunen oder Lymphräumen durch Einstich, z. B. die Lakunen am Fuße der Muscheln. Es wird hiezu eine gewöhnliche Einstichskanüle gebraucht und nur darauf geachtet, den Druck nicht so sehr zu steigern, daß Risse eintreten könnten und künstliche Räume entständen.

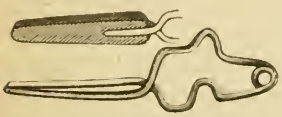


Fig. 7. Serre-fine.

Die Nachbehandlung. Das injizierte Präparat wird in eine erhärtende Flüssigkeit gelegt, wo der Leim oder die Metagelatine bald gerinnt. Soll das Präparat in frischem Zustande untersucht werden, so wähle man lieber eine warm einzuspritzende Leimlösung und lege das Ganze in Eiswasser, da das Gerinnen der Leimmasse in den Gefäßen sonst lange Zeit in Anspruch zu nehmen pflegt. Gut injizierte Gewebe lassen sich ebenso leicht färben und in Schnitte zerlegen wie nicht injizierte.

Die Apparate zum Eintreiben der Flüssigkeit. Die Selbstinjektion. Unter allen Apparaten zum Einführen der gefärbten Masse bis in die feinsten Gefäße steht durch Vollständigkeit des Resultats obenan das Herz des lebenden Tieres. Man führe die Kanüle in eine größere Vene ein und lasse die Flüssigkeit ganz langsam und allmählich hineinfließen. Es muß natürlich die Temperatur der Masse derjenigen des Blutes des betreffenden Tieres entsprechen. Es eignen sich zu diesem Zwecke nur verdünnte indifferente Massen; verdünnte Leimlösungen, denen man etwa 0,5 bis 1 % Kochsalz zusetzt mit gefälltem Karmin oder Berlinerblau als Farbstoff, sind bei Warmblütern recht wohl anwendbar. Für kaltblütige Tiere sind verdünnte Metagelatinelösungen empfehlenswert. Chrzonszczewsky, welcher diese Methode in Aufnahme brachte, schlug als Injektionsflüssigkeit eine wässerige, möglichst ammoniakarme Lösung von karminsaurem Ammoniak vor.

Einem erwachsenen Kaninchen entzieht man aus der Jugularis 15 kcm Blut und führt statt dessen die gleiche Quantität obiger Lösung ein. Es mischt sich dieselbe

mit dem Blute und dringt in die feinsten Gefäße ein. Die Vene desjenigen Organs, welches man zu injizieren beabsichtigt, z. B. der Niere, und alsdann die entsprechende Arterie wird rasch unterbunden und die Organe zum Erhärten eingelegt.

Bei wirbellosen Tieren leistet diese Methode ganz ausgezeichnete Dienste, obschon die Farbe eine körnige Beschaffenheit zu zeigen pflegt und oft durch die Gefäße hindurch in die Lymphräume etwas diffundiert.

Füllung der Drüsengänge mit Farbstoffen. Wichtiger noch als zur Füllung des Blutgefäßsystems ist dieser Vorgang bei der Injektion der Ausführungsgänge drüsiger Organe. Die von den größeren Gängen aus vorgenommene Injektion fällt stets sehr unvollständig aus, weil die in den Gängen enthaltene Excretionsflüssigkeit nicht ausweichen und der vordringenden Injektionsmasse Platz machen kann. Die Karminlösung und besser noch eine konzentrierte Solution von indigoschwefelsaurem Natron wird rasch durch die Niere und letztere auch nach größeren Dosen durch die Gallengänge ausgeschieden.

Man spritzt einer Taube oder einer Natter die blaue Lösung (Eberth) in die Bauchhöhle ein, tötet das Tier nach etwa 12 Stunden und legt sofort die Leber in absoluten Alkohol. Es empfiehlt sich, die Blutgefäße durch einen Wasserstrom vorher abzuspülen, oder besser durch eine $^1/_2$% Chlorkaliumlösung, damit die blaue Farbe auf die Gallengänge beschränkt sei. Man kann aber auch die Blutwege mit roter Masse füllen, welche von der blauen Lösung besser absticht. Die Schnitte des in Alkohol gehärteten Organs werden in konzentrierter Chlorkaliumlösung aufgestellt, um dem Zerfließen der blauen Flüssigkeit aus den feinsten Gallengängen vorzubeugen. Beim Frosche erhält man nach Heidenhain die Selbstinjektion der Gallenwege durch folgende höchst einfache Methode. Man bringt in einen Lymphsack des Oberschenkels ein erbsengroßes Stück Indigokarmin und schließt die Hautwunde möglichst fest durch eine Ligatur. Nach 24 Stunden sind die Gallengänge prachtvoll injiziert.

Das gewöhnliche käufliche indigoschwefelsaure Natron ist ein Gemenge von 1) indigoblau-schwefelsaurem, 2) indigoblau-unterschwefelsaurem, 3) phönicin-schwefelsaurem Natron und noch weiteren unwesentlichen Stoffen. Das erstere und letztere Salz sind allein zu Selbstinjektionszwecken tauglich, das zweite wirkt nur schädlich. Um die Nierengänge anzufüllen, verfährt Heidenhain folgendermaßen:

Einem mittleren Kaninchen werden 25 bis 30 ccm einer kalt gesättigten Lösung von indigoblau-schwefelsaurem Natron in die Blutgefäße eingespritzt; hat das Tier eine Zeitlang blauen Harn abgesondert, so wird es durch Verblutung getötet und die Niere entweder frisch oder nach Erhärtung durch Einspritzung von absolutem Alkohol in die Blutgefäße untersucht.

Die Injektionsspritzen. Zu den einfachsten und bündigsten Injektionsapparaten gehören vor allen die Spritzen. Der Reinlichkeit wegen, und damit man die Operation besser überwachen könne, geben wir den mit einem vollkommen cylindrischen Glase gemachten Modellen den Vorzug (Fig. 8). Wichtig ist es, eine ganze Anzahl Kanülen von verschiedenem Kaliber und verschieden gestalteten Spitzen, welche auf den Spritzenansatz passen, zur Verfügung zu haben. Die Leimmassen werden meistens nicht so heiß angewendet, daß man das Instrument nicht in der Hand halten könnte. Anders verhält es sich aber mit den Harzmassen. Eine mit solcher Masse angefüllte Spritze ist in der Regel so heiß, daß man sie in den Fingern nicht halten kann und deshalb ein

Tuch zu Hilfe nehmen muß, wodurch jedoch die Prozedur unsicher wird. Aus diesem Grunde hat man ein Modell mit einer Hülse konstruiert (Fig. 9), wobei letztere aus einem schlechten Wärmeleiter hergestellt ist.

Eine der Hauptschwierigkeiten bei der richtigen Handhabung einer Spritze besteht in der langsamen und ganz allmählichen Bewegung des

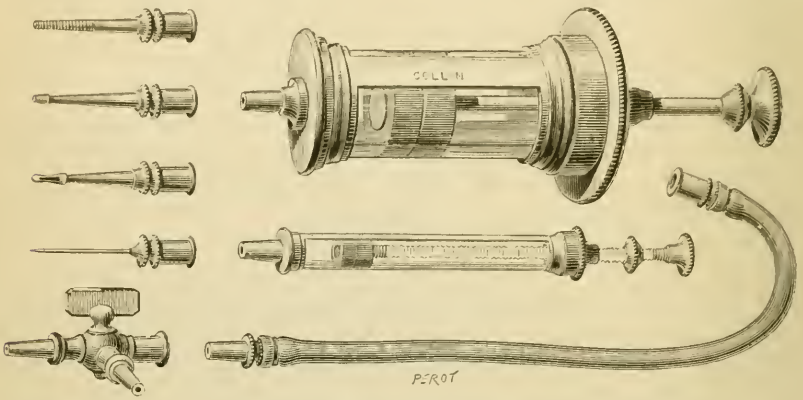


Fig. 8. Injektionsspritze nach Ranvier.

Stempels. Durch zu geringen Druck kann namentlich eine warmflüssige Masse leicht ins Stocken geraten, während eine starke Drucksteigerung meistens einen Riß an irgendeiner Stelle des Gefäßbezirkes zur Folge hat, wodurch das Resultat gefährdet oder nicht überall erzielt wird. Um

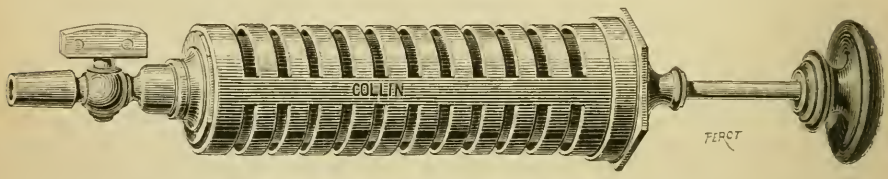


Fig. 9. Injektionsspritze nach Farabeuf.

diesen namentlich in ungeübten Händen sehr großen Übelständen abzuhelfen, hat Roux einen durch Zahn und Trieb beweglichen Stempel ersonnen (Fig. 10).

Druckapparat mit Stempel. Wie die Spritze auch beschaffen sein möge, so kann man doch beim Eintreiben der Flüssigkeit eine unwillkürliche Bewegung des Instrumentes kaum vermeiden, wodurch ein zarteres Gefäß einreißen, die Kanüle ausgleiten oder das Objekt verlegt werden kann. Dies vermeidet man, wenn der Druckapparat erst durch ein biegsames Kautschukrohr mit der Kanüle verbunden wird. Hierbei ergiebt sich der zweifache Vorteil, daß der Behälter für die Injektionsmasse in warmes Wasser gestellt werden und die Einspritzung langsam

vor sich gehen kann, ohne ein zu frühes Gerinnen der Leimlösung befürchten zu müssen, und ferner daß der Druck ganz unabhängig von der die Kanüle haltenden Hand ausgeübt wird. Ein solcher Apparat

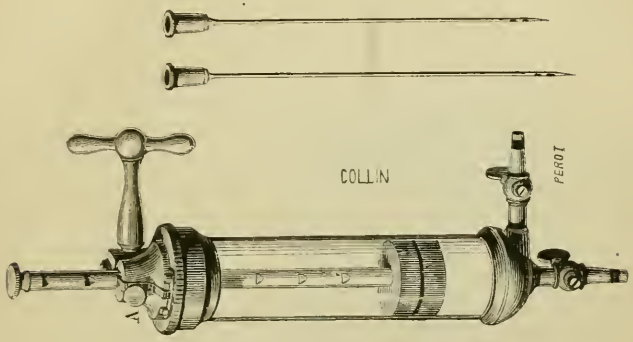


Fig. 10. Injektionsspritze nach Robin.

rührt von Lacaze-Duthiers her (Fig. 11). Der Stempel geht in einem senkrecht stehenden Glascylinder auf und ab und wird durch Zahn und Trieb aufgezogen, während eine runde, am oberen Teil der Stempelstange

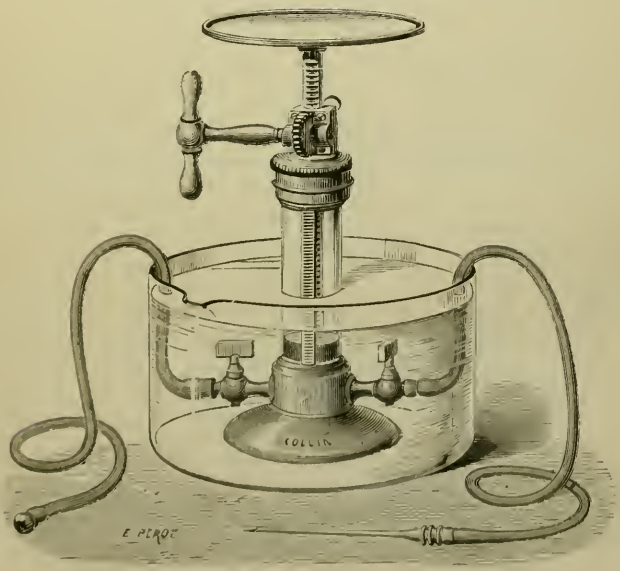


Fig. 11. Injektionsapparat nach Lacaze-Duthiers.

angebrachte Scheibe mit Gewichten so weit belastet wird, daß man den gewünschten Druck erhält. Unten kommuniziert der innere Raum durch zwei mit Hähnen versehene Röhren mit zwei Kautschukschläuchen, deren

einer zum Einsaugen der zubereiteten Masse, der andere zum Einspritzen dient. Durch Öffnen und Schließen der Hähne kann man die Einspritzung unterbrechen, wenn der Cylinder leer geworden ist, und neue Füllung einsaugen.

Einfachster Druckapparat. Will man die Gefäße ihrer selbst halber nicht injizieren, sondern nur eine erhärtende Flüssigkeit in das Innere der Organe einführen, um eine rasche Erhärtung kompakter Teile zu erzielen, so genügt ein großer Glastrichter, den man mit der betreffenden Flüssigkeit, Chromsäurelösung oder Alkohol, anfüllt und mittelst einer Winde in der Höhe suspendiert. Ein langer Kautschukschlauch, den man durch einen Kautschukhahn verschlossen hält, verbindet denselben mit der Kanüle, die man am besten aus Glas nimmt. Ist alles bereit und die Luft aus der Kanüle verdrängt worden, so öffnet man den Hahn und läßt die Lösung längere Zeit durchrieseln.

Anstatt den Druck in den Röhren zu vermehren, kann man den Atmosphärendruck auf den zu injizierenden Teil vermindern, was ganz genau auf das Gleiche herauskommt. Das Objekt wird unter die Glocke einer Luftpumpe gestellt, welche durch eine Röhre durchbrochen ist; die Kanüle und das Gefäß, worin die Masse sich befindet, verbindet man mit jener Röhre durch je einen Kautschukschlauch.

Druckapparat ohne Stempel. Daß alle bisher beschriebenen Apparate bequem und ihre Leistungen ganz ausgezeichnet sind, solange sie sich in neuem Zustande befinden, unterliegt keinem Zweifel; allein es hängt ihre Leistungsfähigkeit von der Beschaffenheit des Stempels ab. Ist eine Spritze auf längere Zeit außer Gebrauch gekommen, so trocknet das Leder ein, und im Augenblicke, wo man es nötig hat, befindet sich das Instrument in unbrauchbarem Zustande. Diesem sehr empfindlichen Übelstand unterliegen nicht die Apparate, zu deren Beschreibung wir jetzt übergehen.

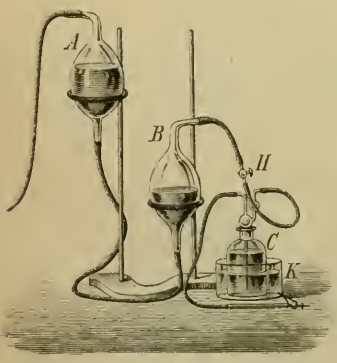


Fig. 12. Einfacher Druckapparat.

Am einfachsten ist der von Ranvier vorgeschlagene Apparat, den ich in mehreren Punkten modifiziert zur Darstellung bringe (Fig. 12). Zwei gleiche Flaschen *A* und *B* enthalten so viel Quecksilber oder lieber konzentrierte Chlorcalciumlösung als nötig ist, um die eine zu füllen; beide sind mit einem Kautschukschlauche durch ihre unteren Hälse miteinander verbunden. Die oberen röhrenförmigen Ansätze sind rechtwinklig umgebogen und je mit einem Kautschukschlauche (*a* und *b*) versehen; diese beiden Schläuche können abwechselnd mit dem Hahne (*H*) in Verbindung gebracht werden. Ist nun die leere Flasche unten, die gefüllte oben aufgestellt worden, so braucht nur der Hahn (*H*)

geöffnet zu werden, um den Druck auf die in der Spritzflasche (*C*) enthaltene Injektionsflüssigkeit wirken zu lassen.

Des Verfassers Injektionstisch. Etwas komplizierter gebaut, aber leichter zu handhaben ist der Injektionstisch, den ich mir habe konstruieren lassen. Die beiden Flaschen (Fig. 13 *Dfl*) sind unterhalb des Tisches angebracht und werden mittelst einer kleinen Kurbel und Holzrolle (*R*) auf- und abbewegt. Die Hähne (*H*) gestatten, den Apparat nach Belieben mit der einen oder der andern Flasche in Verbindung zu bringen, wobei die obere Flasche mit der äußeren Luft kommuniziert. Das Objekt (*O*) und die Flasche mit der gefärbten Masse (*Jfl*) befinden sich beide in einer mit Wasser gefüllten, im Tische eingelassenen kupfernen Pfanne, welche von unten her durch kleine Gasflammen, die man mittelst des Hahnes (*G*) regulieren kann, warm gehalten wird. Der Tisch bleibt frei, und dennoch hat man alles unter der Hand, um die Wärme und den Druck fast augenblicklich zu ändern.

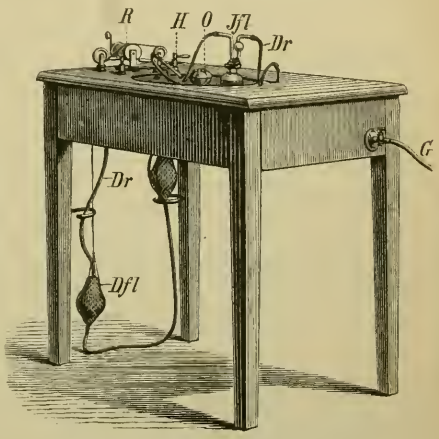


Fig. 13. Des Verfassers Injektionstisch.

Automatischer Kanülenträger. Welchen Druckapparat man auch anwende, so ist ein Kanülenträger mit automatisch schließendem Hahne eine höchst bequeme Zugabe. Es wurde ein solches Instrument auf Lacaze-Duthiers' Verlangen von Collin in sinnreicher Weise ausgeführt (Fig. 14). Das aus Hartgummi bestehende Rohr wird wie eine Schreibfeder in der Hand gehalten. Man läßt die Masse bis in die Kanülenspitze hineinlaufen, führt dieselbe in das Gefäß ein und braucht dann nur mit dem Finger auf das Züngelchen zu drücken, um die gefärbte Lösung hin-

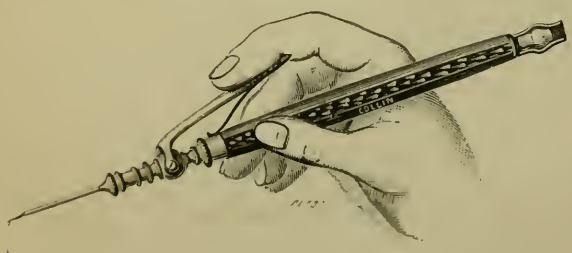


Fig. 14. Collin's Kanülenhalter mit automatischer Hahnvorrichtung.

einfließen zu lassen. Hebt man den Finger, so hört die Injektion augenblicklich auf, indem eine kleine Feder den Hahn in die ursprüngliche Lage zurückbringt. Wer mit einem solchen Instrumente gearbeitet hat, der wird schwerlich die alte Spritze zur Hand nehmen, namentlich nicht, wo es sich um schwierige Injektionen von wirbellosen Tieren handelt.

Übelstände, welche sich beim Einspritzen einstellen können:

1) Die Masse stockt in den Gefäßen und will nicht weiter eindringen. — Ursache: Es waren Luftblasen in der Kanüle zurückgeblieben oder die Masse ist wegen ungenügender Erwärmung des Gegenstandes geronnen, oder es sind Blutgerinnsel in den Gefäßen zurückgeblieben, oder das Gefäß ist an irgend einer Stelle geknickt und läßt keine Flüssigkeit durch. Abhilfe: Im letzteren Falle genügt öfter eine geringe Bewegung oder ein Zug mit der Kanüle, um die geknickte Stelle gerade zu richten. In den übrigen Fällen muß man die Injektion als mißlungen aufgeben.

2) Die Masse fließt entweder bei der Kanülenspitze oder an einer entfernteren Stelle sofort wieder aus, anstatt in die Gefäße zu dringen. — Ursache: Die Kanüle ist für das Gefäßlumen zu dünn und muß durch eine etwas dickere ersetzt werden, oder es ist ein Hauptgefäß angeschnitten worden, das man durch Unterbinden oder richtiger Anlegen einer »Serre-fine« zu verschließen hat.

Litteratur.

Robin, Ch., Traité du Microscope et des injections. 2. Aufl. 8°. 1068 S. 336 Figg. und 3 Taf. Paris, Baillière 1877. — Duval, M., Précis de technique microscopique et histologique. 12°. 315 S. 43 Figg. Paris, Baillière 1878. — Altmann, R., Über die Verwertbarkeit der Korrosion in der mikroskop. Anatomie. Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. 16. S. 471. — Joseph, G., Über Anwendung neuer Füllungsmassen zu kalten Einspritzungen. Bericht naturw. Sect. Schles. Ges. S. 36. 1879. — Teichmann, L., Kitt als Injektionsmasse. Sitzungsber. naturw.-math. Kl. Akad. Wiss. Krakau. Bd. 7. S. 108. 1880. — Frey, H., Das Mikroskop und die mikroskopische Technik. 7. Aufl. 8°. 456 S. 403 Figg. Leipzig, Engelmann 1881. — Chabry, D., Notes sur quelques propriétés du bleu de Prusse soluble. Journal Anat. Physiol. 18. Jahrg. S. 502. 1882. — Griesbach, H., Bemerkungen zur Injektionstechnik bei Wirbellosen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 21. S. 824. 1882. — Hoyer, H., Beitrag zur histologischen Technik. Biolog. Centralblatt. Bd. 2. S. 19. 1882. — Schiefferdecker, P., Über die Verwendung des Celloidins in der anatom. Technik. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abtlg. S. 201. 1882. — Fol, H., Beiträge zur histologischen Technik. Zeitschr. f. w. Zool. Bd. 38. S. 491. 1883.

Dritter Abschnitt.

Das Mikroskop.

Bei allen bisher angeführten Manipulationen findet das zusammengesetzte Mikroskop keine Anwendung. Erst bei der näheren Untersuchung der präparierten Teile kommt es in Gebrauch. Bei allen weiteren Untersuchungsmethoden ist das Mikroskop geradezu unentbehrlich, und müssen wir uns daher, ehe wir weiter gehen, mit seinen Eigenschaften bekannt machen. Wir wollen lediglich den praktischen Standpunkt einhalten und

von physikalischen und theoretischen Erörterungen nur das Notdürftigste anführen, indem wir im übrigen auf spezielle Handbücher über das Mikroskop verweisen.

Kurze Einleitung zum Gebrauch des Mikroskops. Beim ersten Anblick können wir am gewöhnlichen Mikroskop folgende Bestandteile unterscheiden: 1) das Stativ, welches man auf einem flachen, feststehenden Tische aufzustellen hat; 2) den Tisch, auf den das Präparat gelegt wird; 3) den Spiegel, den wir mit der konkaven Seite nach oben drehen und hin- und herwenden, bis das Licht in der Achse des optischen Apparates reflektiert wird; 4) den Tubus, welcher den optischen Apparat trägt.

Der Anfänger glaubt in der Regel desto mehr sehen zu können, je stärkere Vergrößerungen er anwendet. Es ist dies ein großer Irrtum; denn es gewähren ganz umgekehrt die schwächsten Vergrößerungen ein schärferes Bild und einen weiteren Überblick über den Gegenstand. Es sei somit dem Ungeübten auf das dringlichste empfohlen, hauptsächlich schwächere Vergrößerungen zu gebrauchen und kein Präparat mit einer starken Linse zu untersuchen, ohne zuerst mit einer schwachen Linse einen Überblick gewonnen zu haben.

Es wird wohl einem jeden in der Schule passiert sein, daß er das Präparat zerdrückt und möglicherweise den Objektträger zerbrochen und die Linse beim Einstellen beschädigt hat. Um diesem Mißstand vorzubeugen, sollte stets der Unerfahrene bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen das Herabsenken des Tubus bis annähernd zur Berührung der Objektivlinse mit dem Objekte von der Seite her bewachen. Beim Senken eines durch Reibung bewegbaren Tubus drehe man denselben stets um seine Achse; will man den Tubus direkt hinabdrücken, so gleitet er oft plötzlich hinunter und verursacht notwendigerweise Schaden. Nachdem man auf die kürzeste Entfernung eingestellt hat, greift man zur Stellschraube und entfernt den Tubus langsam, bis das beobachtende Auge ein deutliches Bild wahrnimmt.

Die meisten Anfänger benutzen das Mikroskop, indem sie die Linsenflächen mit den Fingern berühren oder die Objektivlinse mit dem Glycerin, dem Balsam oder gar den Säuren des Präparates in Berührung bringen. Die Undeutlichkeit des Bildes schreiben sie dann ganz anderen Ursachen zu. Ihnen sei die sorgsamste Reinlichkeitspflege immer wieder empfohlen. Es werde auf die Reinlichkeit des Objektives vor seinem Gebrauche geachtet, indem man das Licht vom Fenster auf die unterste Linse fallen läßt und die Klarheit des reflektierten Bildes prüft. Anhaftendes Glycerin wird mit Wasser, Canadabalsam mit einem mit Benzin oder Chloroform angefeuchteten Lappen entfernt. Sind im Gesichtsfelde des Mikroskopes Staubteilchen sichtbar, die sich nicht mit dem Präparate bewegen, so drehe man das Okular um seine Achse; drehen sich die Staubteilchen mit, so wische man die Linsen des Okulars ab, indem man dieselben wo nötig auseinanderschraubt. Man nehme möglichst bald die Gewohnheit an, alle Gegenstände: Tisch, Instrument, Gläser, Prä-

parat, Mikroskopspiegel u. s. w. rein und staubfrei zu halten, und man wird sich dabei manchen Verdruß und Zeitverlust ersparen. — Dem Anfänger bereitet die das Bild umkehrende Eigenschaft des Mikroskopes manche Schwierigkeit im Bewegen des Präparates. Diese Schwierigkeit wird in kürzester Zeit überwunden; man nehme daher auf keinen Fall zu bildumkehrenden Okularen und mechanischen Hilfsmitteln seine Zuflucht.

Bestandteile des Mikroskops. Die heutigen Mikroskope stimmen in der Hauptsache alle überein; Abweichungen finden nur an unwesentlichen Teilen statt, abgesehen von einigen für Chemiker u. s. w. hergestellten Formen, die wir nicht zu berücksichtigen brauchen. Wir können am Mikroskop vier stets im nämlichen Verhältnis zu einander stehende und zusammen kombinierte Teile unterscheiden, nämlich: 1) das Vergrößerungssystem, 2) den Beleuchtungsapparat, 3) den Tisch, 4) das Stativ.

Die Linsen. Den wesentlichsten Bestandteil des Vergrößerungsapparates bilden die Linsen: unter Linsen verstehen wir Gläser, deren Grenzflächen Kugelsegmente darstellen; die Eigenschaften derselben zu beschreiben gehört dem Gebiet der Optik an. Es sei nur erwähnt, daß die konvexen Linsen das Licht nach der Achse zu, die divergenten von der Achse ab nach außen brechen. Parallele Lichtstrahlen werden durch eine konvergente Linse so gebrochen, daß sie sich in einem Punkte, dem sogenannten Brennpunkte oder Fokus, kreuzen. Umgekehrt verwandelt die Linse alle vom Brennpunkt ausgehenden divergierenden Strahlen in parallele Lichtstrahlen. Befindet sich der leuchtende Punkt (Fig. 15 *b*) etwas weiter von der Linse entfernt als der Brennpunkt, so vereinigen sich die von demselben durch die Linse gehenden Strahlen jenseits der Linse von neuem und bilden daselbst einen zweiten Fokus (*b**). Gehen die Strahlen nicht von einem Punkte, sondern von einem leuchtenden Gegenstande aus (Fig. 15 *bc*), so entsteht ein Luftbild (*b*c**), welches man durch Einschieben einer weißen matten Fläche zur Anschauung bringen oder direkt in das Auge aufnehmen kann, indem man dieses Luftbild durch eine zweite vor das Auge vorgesetzte Linse *O* betrachtet. Es genügen diese zwei Linsen, um ein, freilich sehr unvollkommenes, zusammengesetztes Mikroskop herzustellen.

Die obere, dem Auge zugekehrte Linse wird als Okularlinse bezeichnet. Unterhalb derselben wird in der Regel eine zweite Linse (*C*) angebracht, welche die divergierenden Strahlen zusammenfaßt (*c**b***), und der oberen eigentlichen Okularlinse (*O*) zuführt; es ist dies die sogenannte Kollektivlinse. Kollektiv- und Okularglas, durch metallenes Rohr fest miteinander verbunden, bilden das Okular. Nur für schwache Vergrößerungen kommt eine einfache Objektivlinse in Gebrauch; sonst wird dieselbe durch ein System mehrerer in bestimmter Entfernung von einander fest verbundener Linsen ersetzt, und wird alsdann das ganze System als Objektiv oder auch schlechtweg als Objektivlinse bezeichnet.

Chromatische Aberration. Genau genommen kann keine Linse das leisten, was ihr soeben kurzweg zugeschrieben wurde. Keine einzige Linse vermag die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen wieder genau in einem zweiten Punkte zu vereinigen, und zwar wegen der chromatischen und der sphärischen Aberration. Es giebt keine Substanz, welche das Licht ohne Zerstreuung der verschiedenen farbigen Strahlen zu brechen vermöchte. Das Verhältnis zwischen Brechung und Zerstreuung

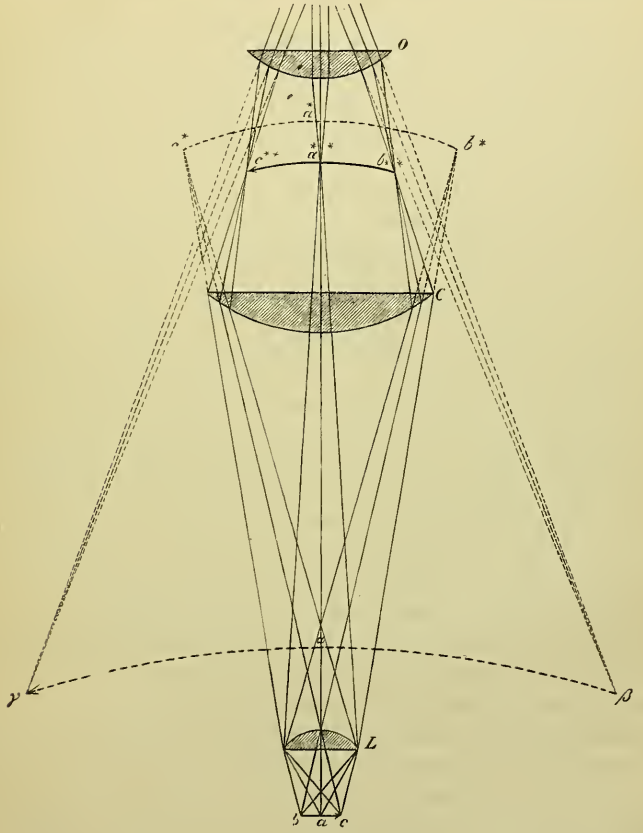


Fig. 15. Schematische Darstellung des Zustandekommens eines mikroskopischen Bildes.

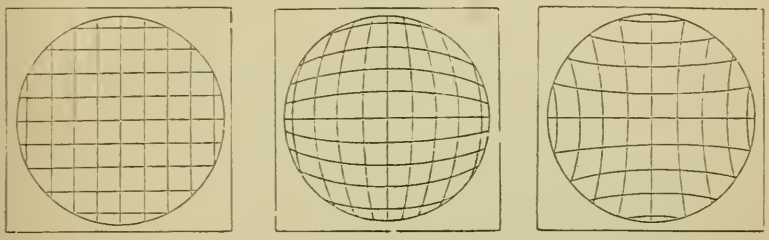
ist zwar bei verschiedenen Medien und namentlich bei verschiedenen Glassorten recht abweichend, die Zerstreuung bleibt aber doch stets bestehen. Das weiße Licht wird also in Farben zerlegt, welche hintereinander zur Kreuzung gelangen; der Fokus ist kein Punkt mehr, sondern eine Linie, an deren von der Linse entfernterem Ende die roten, minder brechbaren Strahlen sich begegnen, während die violetten das andere der Linse zugewandte Ende der Linie darstellen. Wird der

Strahlenkegel innerhalb des Fokus durch eine weiße Fläche unterbrochen, so bilden die Farben des Spektrums konzentrische Kreise, und zwar so, daß das Rot den äußeren Rand der hellen Scheibe einnimmt. Dieser Übelstand, welcher allen Linsen anhaftet, wird als chromatische Aberration bezeichnet. Man begegnet ihm dadurch, daß man jede Linse aus zwei Teilen bildet, die aus verschiedenen Glassorten bestehen. Eine plankonkave oder konkavkonvexe Flintglaslinse wird mit einer bikonvexen Crownglaslinse vermittelst Canadabalsam verbunden. Dadurch, daß nun das Flintglas im Verhältnis zu seinem Brechungsvermögen das Spektrum beträchtlich stärker zerstreut als das Crownglas, wird eine Kombination gewonnen, bei welcher die verschiedenfarbigen Strahlen sich ungefähr decken, d. h. annähernd in gleicher Weise gebrochen werden. Eine vollständige und tadellose Deckung läßt sich allerdings nicht erreichen, worauf ich übrigens in dem Kapitel über die Prüfung des Mikroskopes wieder zurückkommen werde. Heutzutage werden solche kombinierte achromatische Linsen fast ausschließlich verwendet.

Sphärische Aberration. Abgesehen von der chromatischen Aberration, vermag dennoch eine gewöhnliche Glaslinse keinen richtigen Fokus zu bilden. Verwendet man einfarbiges Licht, so sollten die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen wieder in einem Punkt vereinigt werden können. Daß dieses nicht der Fall ist, liegt an der Gestalt der üblichen Linsen. Eine richtige Brechung wäre nur dadurch zu erreichen, daß man die Grenzflächen der Linse statt in Kugelform in ellipsoider Gestalt schleifen ließe; einem solchen Schleifen stehen jedoch so große praktische Schwierigkeiten im Wege, daß man darauf verzichten mußte. Die durch den Rand der Linse gebrochenen Strahlen kreuzen sich also an anderen Stellen als diejenigen, welche den mittleren Teil passieren. Es läßt sich zwar dieser Fehler durch die Zusammensetzung der achromatischen Linsen verbessern und durch Kombination mehrerer Linsen annähernd beseitigen, etwas mangelhaftes bleibt jedoch stets selbst bei den besten Systemen. Das Nähere hierüber wird bei der Prüfung des Mikroskopes auseinandergesetzt werden.

Die Bildverzerrung. Man darf die Bildverzerrung nicht mit der sphärischen Aberration verwechseln, obschon beide Fehler nahe verwandt sind und in der Regel Hand in Hand gehen. Die Verzerrung besteht in einer ungleichmäßigen Vergrößerung des Gegenstandes, und zwar so, daß die Mitte des Bildes entweder stärker oder schwächer vergrößert erscheint als der Randteil desselben. Wird ein quadratisches Maschennetz (Fig. 16) durch eine verzerrende Linse betrachtet, so zeigt es im ersten Falle eine tonnenförmige Verzeichnung (Fig. 17), im letzteren Falle den umgekehrten Fehler. Es können die Form und die sphärische Aberration ganz unabhängig voneinander bestehen. Wenn man aber von einer Linse, welche die sphärische Aberration aufweist, die Randstrahlen durch ein Diaphragma aufhält, so zeigt sich, je nachdem das Diaphragma oberhalb oder unterhalb des Systems angebracht wird, die

eine oder die andere Form der Bildverzerrung; man kann sogar an einer ganz richtig zeichnenden Linse durch ein unpassend angebrachtes Diaphragma die Verzerrung hervorrufen. Es läßt sich bei der Herstellung zusammengesetzter Linsensysteme die Verzerrung erfolgreich bekämpfen, jedoch niemals gänzlich beseitigen.



16 17 18

Fig. 16. Richtiges Bild eines quadratischen Maschennetzes.
Fig. 17 und 18. Verzerrte Bilder von demselben.

Das Okular. Das gewöhnliche mikroskopische Okular, auch Huyghens' Okular genannt, besteht aus zwei plankonvexen Linsen, welche beide ihre flache Seite nach oben kehren. Zwischen beiden wird ein Diaphragma angebracht, welches um so kleiner zu sein pflegt, je unvollkommener die Linsen sind, wodurch freilich ein bedeutender Lichtverlust erwächst. Etwas abweichende Okulare sind von Hartnack als Oculaire holostère und von Seibert und Krafft als periskopisches Okular eingeführt worden, haben aber trotz einiger Vorzüge keine allgemeine Aufnahme gefunden.

Wahl des Okulars. Die Stärke des Okulars muß so gewählt werden, daß alles, was das Bild mit genügender Schärfe bietet, für das Auge sichtbar gemacht werde. Mit der Okularvergrößerung jene Grenze zu überschreiten, ist nicht nur zwecklos, sondern wirkt auch geradezu nachteilig, indem die Umrisse und feineren Details ein verschwommenes Aussehen annehmen, was jede genauere Prüfung unmöglich macht. Ein bestimmtes Verhältnis läßt sich nicht angeben, denn es hängt ja alles von der Schärfe und der Lichtstärke des Objektivs ab. Je besser das Objektivsystem, desto stärkere Okularvergrößerung kann das Bild vertragen, ohne der Deutlichkeit Abbruch zu thun. Im allgemeinen ist es aber besser, mit schwächeren Okularen zu arbeiten und die äußerste Grenze nicht zu überschreiten.

Das Objektiv. Das Objektivsystem besteht nur bei den schwächsten Vergrößerungen zuweilen aus einer einzigen achromatischen Linse; sonst befinden sich zwei, drei oder sogar vier zusammengesetzte Linsen übereinander in bestimmten Entfernungen eingefaßt. Früher hat man dermaßen kombinierte Systeme dargestellt, daß durch Abschrauben einer oder zweier Linsen die übriggebliebenen brauchbare, aber minder stark

vergrößernde Systeme darstellten. Hiervon ist man jedoch abgekommen, da die Optiker jede der zusammengefaßten Linsen benutzen, die Aberrationen des ganzen Systems zu korrigieren, und infolge dessen alle zu einem unzertrennlichen Ganzen verbinden. Den jetzigen höheren Anforderungen vermögen jene isolierbaren Linsen nicht mehr genüge zu leisten. Es muß also jedes Instrument mindestens mit einem schwachen, einem mittleren und einem starken Objektive versehen sein. Daß diese drei Kategorieen durch keine scharfe Grenze zu trennen sind, versteht sich von selbst; wir wollen aber dennoch der Bequemlichkeit halber diese Einteilung beibehalten.

Fig. 19. Schema eines Objektivsystems.

Die Stärke der Objektivlinsen. Es hält recht schwer, ein allgemein gültiges Maß zu finden, womit man die Stärke eines Objektivs bestimmen könnte. Die faktische Vergrößerung ließe sich nur unter der Bedingung hierzu anwenden, daß man alle Objektive mit dem nämlichen Okular und bei gleicher Tubuslänge vergliche, was aus praktischen Gründen nicht ausführbar erscheint. Es bleibt nur übrig, die in England eingeführte und immer mehr angenommene Methode aufzunehmen, welche darin besteht, die Fokaldistanz einer einzelnen Linse zu berechnen, die das gleiche Vergrößerungsvermögen besitzen würde wie das zu bestimmende System. Mit der Entfernung der ersten Linse von dem Objekte bei richtiger Einstellung, der sogenannten Frontaldistanz, hat diese Fokalentfernung keine direkte Beziehung und darf mit derselben ja nicht verwechselt werden, wie das so oft geschieht.

Als schwache Objektivsysteme bezeichnen wir nun solche, welche einer Linse von 75 bis 16 mm, 3 Zoll bis $^2/_3$ Zoll englisch. Maß gleichkommen. Mittelstarke dürften einer Linse von 12 bis 4 mm, $^1/_2$ bis $^1/_6$ Zoll englisch. Maß vergleichbar sein, und starke Systeme von 3 bis $1^1/_4$ mm, $^1/_8$ Zoll bis zu $^1/_{18}$ Zoll Fokalentfernung und darunter.

Schwache Objektivsysteme. Schwache Objektive sind ebenso unentbehrlich wie die stärkeren, sind aber bisher seltsamerweise von vielen unserer Optiker stiefmütterlich behandelt worden! Schon seit langen Jahren werden schwächere Objektive bis 4 Zoll Fokaldistanz in England fabriziert, und zwar in ganz vorzüglicher Qualität, während auf dem Kontinent die meisten Optiker schwache Linsen überhaupt nicht führen. Ihre sogenannten schwachen Systeme gehören schon zu den mittelstarken und können mit den entsprechenden Linsen aus England meistens keinen Vergleich aushalten. Mit guten dreizölligen und zweizölligen Objektiven erhält man doch weit bessere Bilder wie mit photographischen Linsen, die man als Ersatz empfohlen hat. Es wäre höchst wünschenswert, daß unsere Optiker die Wichtigkeit einer guten Herstellung solcher Systeme beherzigten, anstatt im Glauben zu verharren, daß für schwache Vergrößerungen jede Linse gut genug sei. Vollkommen ebenes, ausgedehntes

Gesichtsfeld, scharfe, richtige Zeichnung bis an den äußersten Rand des Bildes, große Lichtstärke, dies sind die Anforderungen, denen unsere einheimischen Fabrikate bisher nicht genüge zu leisten vermögen; daß man aber so viel erwarten darf, beweisen am besten die dreizölligen Objektive von Beck, Powell & Lealand u. a. — In neuerer Zeit sind einzelne Firmen, u. a. Zeiss, Seibert und Krafft, in dieser Richtung bestrebt gewesen, besseres zu leisten als früher; es bleibt aber in dieser Hinsicht noch vieles zu thun.

Mittelstarke Objektivlinsen. Die mittelstarken Objektivsysteme pflegen größere Übereinstimmung zu zeigen, sowohl in ihren Leistungen als in ihrer Bauart. Eine Korrektionsfassung, wie sie den stärksten Systemen beigefügt wird, halten wir bei dieser Kategorie für überflüssig, da die durch diese Vorrichtung gewonnenen Vorteile für mittlere Vergrößerungen nur gering sind und den Zeitaufwand zur Ausführung der Korrektion durchaus nicht lohnen. Wichtig ist aber außer der Schärfe eine große Lichtstärke und eine genügende Entfernung zwischen Frontlinse und Objekt. In letzterer Hinsicht sind oft die in anderer Beziehung ganz vorzüglichen Systeme aus den besten Firmen höchst mangelhaft. Mit mittelstarken Objektiven soll man dicke, in Glaszellen eingeschlossene Canadabalsam-Präparate, sowie lebendige durchsichtige Tiere bis in ihre tiefsten Schichten ohne Quetschung durchmustern können. Diesen Anforderungen pflegen wiederum die aus England stammenden Objektive ersten Ranges am besten zu entsprechen.

Starke Objektivsysteme. Was nun die starken Objektive betrifft, so greift man am besten zu den sogenannten Immersionssystemen oder Tauchlinsen. Ein starkes Trockensystem ist zwar zur Durchmusterung eines Präparates sehr bequem, kann aber entbehrt werden, während ohne eine gute Immersion zu arbeiten heutzutage nicht mehr möglich erscheint. Die Immersion besteht darin, daß man zwischen Objekt und Linse keine Luftschicht bestehen läßt, sondern den Raum durch eine Flüssigkeit ausfüllt. Die hierdurch gewonnenen Vorteile sind nicht hoch genug anzuschlagen. Bei Trockensystemen geht beim Übertritt der Lichtstrahlen aus dem Medium, worin das Objekt eingeschlossen ist, und dem Deckgläschen in die Luft und aus der Luft in die Frontlinse ein beträchtlicher Teil derselben durch totale Reflexion und Diffraktion verloren. Wird die Luft durch ein stärker brechendes Medium ersetzt, so verschwindet dieser Übelstand. Die Lichtstrahlen treten unter einem anderen Winkel in die Frontlinse ein, weswegen der Optiker zwar genötigt ist seine Linsenkombination zu verändern, die Änderung geschieht aber in einer Weise, welche eine bessere Leistung des Ganzen zu erreichen gestattet.

Es werden heutzutage zweierlei Immersionssysteme angewandt, die Wasser- und Ölimmersion, welche letztere richtiger als homogene Immersion (Stephenson, Abbe) bezeichnet wird. Bei dieser kommt das ganze Wesen der Immersionsmethode mit seinen großen Vorteilen und empfind-

lichen Nachteilen zur vollständigen Geltung, während die Wasserimmersion eher den Übergang zum Trockensystem bildet. Die doppelte Ablenkung der Lichtstrahlen beim Durchgang durch die Luftschicht wird zwar beträchtlich vermindert, wenn die Luft durch Wasser ersetzt wird, bleibt aber doch in merklichem Maße bestehen. Es kann diese Ablenkung nur dadurch beseitigt werden, daß man statt Wasser ein Medium wählt, welches das gleiche Brechungsvermögen besitzt wie das Deckgläschen und die Frontlinse. Solche Medien sind das Zedernholzöl und gewisse Salzlösungen. Deckglas, Flüssigkeit und Linse bilden alsdann in optischer Beziehung ein zusammenhängendes Ganze, worin die Lichtstrahlen ungebrochen und ungeschwächt ihren Weg fortsetzen. Diesen abweichenden Verhältnissen muß das ganze Linsensystem angepaßt und speziell zu diesem Zweck berechnet und konstruiert werden; man kann daher eine Ölimmersion nicht mit Wasser, eine Wasserimmersion nicht mit Zedernholzöl gebrauchen.

Die Notwendigkeit, das Präparat durch eine ebene Fläche nach oben abzugrenzen. Von der größten Wichtigkeit ist es, daß das Medium, worin sich das mikroskopische Objekt befindet, insofern es nicht ganz trocken liegt, durch regelmäßige parallele Flächen begrenzt wird. Größere Gegenstände, die man mit den schwächsten Vergrößerungen zu studieren hat, können einfach in einer flachen Glasdose (Fig. 20) aufgestellt werden, deren untere Fläche plangeschliffen sein soll. Die Flüssigkeit muß in genügender Menge vorhanden sein, um das Objekt ganz zu bedecken.

Fig. 20. Glasdose mit flachgeschliffenem Boden.

Bei kleineren Objekten, welche man stärker zu vergrößern beabsichtigt und auf einer flachen Glaslamelle, einem sogenannten Objektträger, aufgestellt hat, läßt sich die Ebenheit der Grenzflächen nur dadurch erreichen, daß man den Flüssigkeitstropfen abermals mit einem dünnen Glasplättchen bedeckt. Angehende Mikroskopiker vernachlässigen öfter diese notwendige Vorsichtsmaßregel und schreiben es ihrem Mikroskope oder anderen Umständen zu, wenn sie nur undeutliche, verworrene Bilder erhalten. Die Sache ist jedoch leicht zu begreifen. Die dünne Flüssigkeitsschicht sammelt sich vermöge der Kapillarität um das Objekt herum und bildet eine sehr unebene, höckerige Fläche. Die Lichtstrahlen werden wie durch eine Anzahl kleiner unregelmäßiger Linsenflächen nach allen Richtungen hin gebrochen und lassen kein deutliches Bild zu stande kommen. Ein Deckgläschen ist somit unentbehrlich, man muß aber folgende optische Wirkung desselben berücksichtigen:

Die optische Wirkung des Deckglases. Die vom Gegenstande a (Fig. 21) ausgehenden Strahlen ab, ac, ad u. s. w. werden zunächst nach b^*, c^*, d^* gebrochen. Beim Austritt aus dem Deckglase biegen dieselben wieder nach auswärts, um den gleichen Winkel b^*b^{**}, c^*c^{**}, a^*a^{**}. Setzen wir aber diese Linien fort, so kreuzen sich dieselben innerhalb

des Deckglases, und wer das Objekt von oben betrachtet, erhält den Eindruck, als sei dasselbe dem Auge näher gelegen, als es wirklich der Fall ist. Außerdem geht aus der Konstruktion (Fig. 21) hervor, daß die Fortsetzungen der gebrochenen Strahlen sich nicht mehr in einem Punkte kreuzen, sondern in mehreren übereinander gelegenen Stellen (*k*, *i*, *h*). Die Umrisse des Bildes müssen also ihre Schärfe einbüßen und verschwommen erscheinen, und zwar um so mehr, je dicker das Deckglas ist.

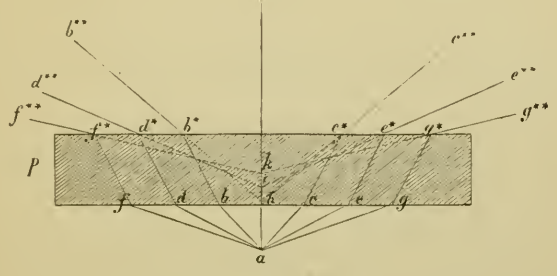


Fig. 21. Schema der optischen Wirkung des Deckglases.

Die Korrektionsfassung der Objektivlinsen. Dieser Übelstand ist offenbar unabhängig vom Linsensysteme; wir stellen aber dennoch an den Optiker die Anforderung, daß er denselben durch eine Linse wieder ausgleiche und das undeutliche Bild wieder deutlich mache. Die Aufgabe wird noch dadurch erschwert, daß zwei Deckgläser niemals die nämliche Dicke aufweisen. Man erreicht diesen Zweck durch eine sogenannte Korrektionsfassung, welche die Linsen eines Objektivsystems zu verschieben und so ihre relative Entfernung von einander zu verändern gestattet (Fig. 22). Da die richtige Korrektion eines Objektivsystems in jedem gegebenen Falle äußerst umständlich und zeitraubend ist, so läßt man dieselbe am besten ganz weg in allen Fällen, wo man sie überhaupt entbehren kann, also bei schwachen, mittelstarken, sowie bei Ölimmersionssystemen. Unsere modernen Objektivlinsen sind gewöhnlich auf eine Deckglasdicke von 0,15 bis 0,2 mm korrigiert, wonach man sich bei der Wahl der Deckgläser zu richten hat.

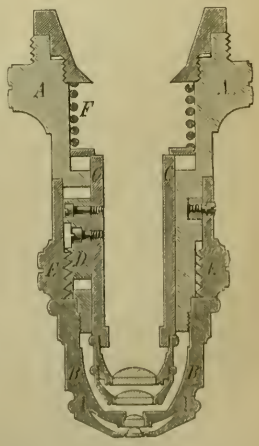


Fig. 22. Schema einer Korrektions- und Immersionslinse.

Es giebt zweierlei Arten, die Korrektion anzubringen, entweder dadurch, daß man die Frontlinse allein bewegt, oder dadurch, daß sie unbeweglich bleibt und die oberen allein auf und ab geschoben werden (Fig. 22); letzterer Methode geben wir mit Entschiedenheit den Vorzug,

weil beim Korrigieren die Einstellung nur wenig verändert wird und man das Objekt nicht aus dem Auge verliert; die Operation ist alsdann weniger zeitraubend. Zum gewöhnlichen Gebrauch lasse man sich Deckgläser von bestimmter gleichmäßiger Dicke auswählen, am besten solche von 0,15 bis 0,2 mm, und stelle die Korrektion für jene Glasdicke ein. Kommt es dann hin und wieder vor, daß man dennoch korrigieren muß, so befolge man die von Wenham angegebene Regel, um schneller zum Ziele zu kommen. Man wählt im Präparate einen flachliegenden, von einem Rande scharf umgrenzten Gegenstand und stellt das Mikroskop auf jenen Rand scharf ein. Nun bewegt man die Schraube um das gleiche Maß auf und ab, wobei der Rand sich ausbreitet und ein Diffusionsbild abgiebt. Ist die Ausbreitung in beiden Stellungen die gleiche, so ist die Korrektion richtig; wird der Rand bei hoher Einstellung breiter als bei tiefer Einstellung, so entferne man die Linsen des Objektivs durch entsprechende Drehung des Ringes (*E*, Fig. 22) von einander; im entgegengesetzten Falle schiebe man die Linsen näher an einander, bis man eine gleichstarke Ausbreitung des Randes erzielt hat, mag das Objekt um die gleiche Distanz innerhalb oder außerhalb des Brennpunktes liegen. Auf diese Art ist eine richtige Korrektion mit Leichtigkeit zu treffen.

Homogene Immersionssysteme und Flüssigkeiten. Man kann den Vorteil, den die homogenen Immersionssysteme bieten, indem sie die Korrektion unnötig machen, kaum überschätzen. Wie die Sache heutzutage liegt, möchten wir demjenigen, der keine komplete Objektivsystem-Reihe kaufen kann, lieber dazu raten, sich zwei homogene Tauchlinsen, eine starke und eine schwache, anzuschaffen und von den Wasserimmersionen Umgang zu nehmen. Ein Nachteil der homogenen Immersionslinsen besteht nur darin, daß man stark lichtbrechende, dicke Flüssigkeiten statt des bequemeren destillierten Wassers zu verwenden genötigt ist. Wir haben allmählich mehrere Flüssigkeiten kennen gelernt, die dasselbe Brechungs- und annähernd auch dasselbe Zerstreuungsvermögen besitzen, wie das gewöhnliche Crownglas. Das Zedernholzöl ist zumeist weniger lichtbrechend, ist dünnflüssig und hat namentlich ein zu geringes Zerstreuungsvermögen; destilliert man aber ein Gemenge dieses Öles mit Canadabalsam oder Damarharz, so ergiebt sich eine Flüssigkeit, die man durch Vermischen mit reinem Öl zur richtigen Lichtbrechung bringen kann. Ebenso läßt sich Copaivabalsam (van Heurck) oder eine Lösung von Vaselin in demselben (Abbe), oder von Gummi-resina Olibanum oder Brazilharz in Zedernholzöl (van Heurck) oder verharztes Zedernholzöl (Abbe) mit mehr oder weniger Ricinusöl gebrauchen. Leider sind diese harzigen Substanzen schwer abzuwischen und haften so an dem Glase, daß sich das Deckgläschen oft mit der Linse bewegt und das Objekt verdirbt. Man wird also wohlthun, das Deckgläschen am Objektträger durch Firnis oder einfacher durch ein paar Tropfen eingeschmolzenes Paraffin zu befestigen, ehe man zur Untersuchung schreitet. Bequemer sind jedenfalls die Salzlösungen, worunter die wässerigen

Lösungen von Zinkchlorid, die Lösungen von Kadmiumchlorid, von Zinksulphokarbonat und von amorphem Chloralhydrat in Glycerin eine Erwähnung verdienen. Wir ziehen aber jeder anderen Eintauchungsflüssigkeit die uns durch Prof. Brun in Genf bekannt gewordene konzentrierte Lösung von reinem, trockenem Jodzink in reinem Glycerin, die man nach dem Filtrieren nötigenfalls noch auf dem Wasserbade bis zum Brechungsindex 1,518 für die Linie *D* des Spektrums eindampft, vor. Es läßt sich diese Mischung mit Leichtigkeit mit etwas Wasser abspülen.

Das Eintauchen der Stiplinsen. Beim Gebrauch dieses, sowie überhaupt aller Immersionssysteme hat man vor allen Dingen darauf zu achten, daß keine Luftblase in der Eintauchungsflüssigkeit zurückbleibe. Dies erreicht man dadurch, daß man zunächst die Frontlinse sorgfältig benetzt, ein Tröpfchen auf das Deckglas aufträgt und die Linse in den Tropfen langsam eintaucht. Nach dem Gebrauche muß man die Linse sofort mit destilliertem Wasser abspülen und mit einem alten Taschentuche abwischen. Neue Tücher oder Lederläppchen enthalten oft feste Teilchen, welche die Linse einritzen können. Zum Abspülen des Zedernholzöles dient gewöhnlicher Alkohol.

Der Öffnungswinkel. Ein wesentlicher Vorteil der Immersionen überhaupt, und namentlich der homogenen Immersionen, besteht darin, daß sich der Öffnungswinkel bis zu einer sonst unerreichbaren Größe ausdehnen läßt. Unter Öffnungswinkel versteht man den Winkel, den die extremen von einem Punkte ausgehenden Strahlen, welche durch den äußersten Rand der Linse noch Durchgang finden, mit einander bilden. Je größer dieser Winkel, desto mehr wird das Objekt gleichzeitig von verschiedenen Seiten her betrachtet, indem diese verschiedenen Ansichten alle im Gesamtbilde kombiniert erscheinen. Ältere Instrumente erreichten selbst mit ihren stärksten Systemen nur einen Winkel von etwa 50°; Andrew Ross erreichte einen solchen von 100 bis 135°. In neuester Zeit ist man bis zu 160°, 170°, ja sogar 180° gestiegen, wobei freilich nur etwa 150° als wirklich nutzbarer Teil der Öffnung übrig bleiben. Es werden nun offenbar manche Details, die nur bei ziemlich schiefem Lichte sichtbar werden, durch derartige Systeme zur Anschauung gebracht. Andererseits muß man aber bedenken, daß das nämliche Objekt sehr verschieden aussieht, je nachdem man dasselbe von einer oder von der andern fast entgegengesetzten Seite betrachtet; indem diese verschiedenen Bilder alle übereinander gelagert und zu einem einzigen verschmolzen werden, entsteht ein detailreiches, aber etwas verworrenes und unbestimmtes Gesamtbild. Mit bloßen Augen sind wir es gewohnt, mikroskopische Gegenstände unter einem äußerst spitzen Winkel wahrzunehmen; wären wir aber mit zahlreichen Augen bis an die entlegensten Körperstellen versehen und richteten wir alle diese Sehorgane auf einen dicht an unserem Körper befindlichen Gegenstand, so würde, falls die verschiedenen Bilder als ein einziges wahrgenommen würden, ein offenbar seltsamer und schwer verständlicher Gesamt-

eindruck entstehen müssen. Ein solches Bild ergeben gerade die weitwinkeligen Objektivsysteme.

Abgrenzungsvermögen. Unter Definitions- oder Abgrenzungsvermögen verstehen wir die Schärfe, mit welcher das Mikroskop die Umrisse und Grenzen der sichtbaren Teile erscheinen läßt. Die Penetrationskraft ist das Vermögen des Instruments, wenig prägnante oder äußerst kleine Details zur Anschauung zu bringen. Es stehen nun diese beiden Eigenschaften, trotzdem man das Gegenteil vielfach behauptet hat, in einem gewissen Gegensatz zu einander. Beiden ist eine möglichst vollkommene Korrektion der sphärischen und der chromatischen Aberration Grund- und Hauptbedingung. Aus dem oben gesagten erhellt aber, daß bei gleicher Güte des Objektivsystems ein kleiner Öffnungswinkel bessere Definition ergiebt, ein großer Winkel größere Penetration. Die mit großem Öffnungswinkel versehenen Objektive behalten aber dennoch den Vorzug, da man ja stets durch Abblendung den Öffnungswinkel vermindern und durch Regulierung der Beleuchtung das weitwinkelige Instrument als kleinwinkeliges gebrauchen kann. Es geschieht dies sogar jedesmal, wenn das Objekt ohne Konzentrator einfach mit dem Spiegel beleuchtet wird. Unter solchen Bedingungen sollte das weitwinkelige Objektiv ebenso scharfe Bilder ergeben wie ein engwinkeliges. Daß dieses jedoch nicht immer zutrifft, hängt nicht von dem weiten Winkel, sondern von irgend einer Unvollkommenheit des Linsensystems ab. Eigentlich kann der Biologe einen engen Winkel und gute Definition weit weniger entbehren als einen breiten Winkel und äußerste Penetration; letztere kommt hauptsächlich für Diatomeenliebhaber in Betracht. Erst bei den allerstärksten Vergrößerungen macht sich die Überlegenheit der weiten Winkel in einer anderen Weise bemerkbar.

Lichtstärke. Je weiter der Winkel, desto mehr Lichtstrahlen gelangen von einem jeden Punkte aus in das Linsensystem und desto heller erscheint das Bild. Da nun die starken Vergrößerungen mit Lichtmangel zu kämpfen haben, so genügt jene Lichtstärke, welche sich namentlich bei homogenen Immersionen kundgiebt, schon an und für sich, um den weitwinkeligen Systemen den Vorzug zu sichern. In neuerer Zeit haben übrigens Powell und Lealand ein System für homogene Immersion konstruiert, bei welchem ohne Änderung der Vergrößerung durch bloßen Wechsel der drei mitgegebenen Frontlinsen eine Änderung der Öffnung und der Frontalentfernung erzielt wird. Natürlich stehen beide letztgenannten Größen im umgekehrten Verhältnis zu einander.

Die Beleuchtung. Man kann die Objekte in zwei Kategorieen einteilen, nämlich opake, die von oben her beleuchtet werden, und durchsichtige, welche man von unten her von den Lichtstrahlen durchdringen läßt. Halbdurchsichtige Objekte sind die schwierigsten, denn man muß beim Aufstellen bedacht sein, dieselben entweder ganz opak oder ganz durchsichtig zu machen.

Dunkelfeldbeleuchtung bei schwacher Vergrößerung. Es kommt diese

Beleuchtung durch auffallendes Licht fast nur bei schwächeren Vergrößerungen in Betracht; dabei genügt als Beleuchtungsapparat eine plankonvexe Lupe (Fig. 23), der sogenannte »Bull's eye Condensor« der Engländer. Als Lichtquelle ist ein durch einen Spiegel reflektierter Sonnenstrahl zu empfehlen; bei Mangel desselben kann man mit einer guten Gas- oder Petroleumlampe auskommen. Am schlimmsten fährt man bei diffusem Tageslicht und thut daher bei dicht bewölktem Himmel besser, die Fensterladen zu schließen und die Lampe anzuzünden. Bei guter Beleuchtung und mit einem englischen lichtstarken Objektive von großer Brennweite gewähren solche Bilder einen hübschen und überaus belehrenden Anblick. Die Gestalt und Schattierung bedarf keiner Erläuterung, um verstanden zu werden, sondern tritt wie an einem wohlbeleuchteten Gypsmodell sofort hervor.

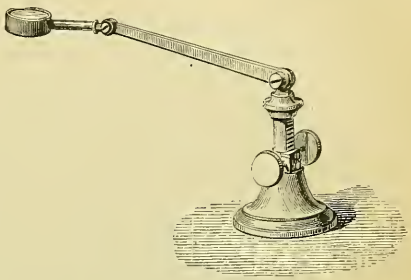


Fig. 23. Plankonvexe Lupe und Stativ.

Dunkelfeldbeleuchtung bei stärkerer Vergrößerung. Mit mittelstarken Systemen kann man auch noch die auffallende Beleuchtung gebrauchen, es läßt sich aber die oben beschriebene einfache Vorrichtung in diesem Falle kaum mehr anwenden wegen des kurzen Abstandes der Frontlinse des Objektivsystems.

Es tritt alsdann der von Lieberkühn erfundene Spiegel in seine Rechte. Dieser heutzutage etwas vernachlässigte Apparat besteht aus einem parabolischen Reflektor aus poliertem Metall (Fig. 24), welches an der Fassung des Objektivs in solcher Art befestigt wird, daß der Spiegel das Linsensystem kreisförmig umfaßt. Das Objekt stellt man auf eine kreisförmige schwarze Unterlage und reflektiert das möglichst starke Licht mit dem Mikroskopspiegel rings um die schwarze Scheibe gegen den Lieberkühn'schen Spiegel hinauf. Hier angelangt, erfahren die Lichtstrahlen eine zweite Reflexion und werden auf das Objekt konzentriert. Die Beleuchtung ist zwar recht hell, giebt aber keine schönen Bilder, weil das zu allseitig beleuchtete Objekt keine Schatten aufweist. Es läßt sich dasselbe in noch höherem Maße von der schiefen Beleuchtung aussagen, die man durch Wenham's »parabolic reflector« erzielt. Durch diesen sonst sehr sinnreichen Apparat werden die Lichtstrahlen seitlich und schief von unten allseitig gegen das Objekt reflektiert und erzeugen namentlich am Rande recht störende Diffraktions-

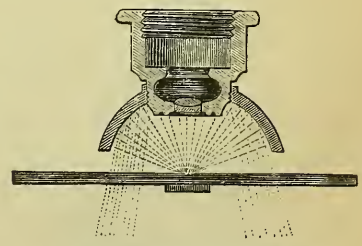


Fig. 24. Lieberkühn'scher Spiegel mit Dunkelfeldbeleuchtung.

erscheinungen. Man kann übrigens zu diesem Zweck fast ebenso gut den Abbe'schen Beleuchtungsapparat mit zentraler Ablenkung gebrauchen, wobei man an der Objektivlinse die Randstrahlen durch einen oben aufgesetzten Ring auffängt. Eine Vorrichtung, bei welcher ein durchbohrter Spiegel innerhalb des Objektivsystems angebracht wird und das von unten her eindringende Licht wieder durch die Frontlinse auf das Objekt zurückwirft, hat sich nur geringen Beifalls zu erfreuen gehabt, da sie milchige Bilder hervorbringt. In neuerer Zeit ist eine andere ähnliche Vorrichtung, die am unteren Tubusende oberhalb des Objektives angeschraubt wird, und wobei ein Spiegel die Hälfte des Tubusdurchschnittes einnimmt und sein Licht seitlich von einer Lampe empfängt, als Illuminator von Zeiss und von Seibert und Krafft nach englischem Muster in den Handel gebracht worden. Im ganzen sind die Versuche, stark vergrößerte Objekte von oben her zu beleuchten, als ziemlich mißlungen zu bezeichnen; wir müssen die Objektive von etwa 1 cm Brennweite als die stärksten bezeichnen, mit welchen man noch opake, von oben her beleuchtete Objekte mit Erfolg studieren kann.

Beleuchtung bei durchfallendem Lichte. Die Beleuchtung durchsichtiger Präparate geschieht durch Reflexion des Lichtes auf dem unterhalb des Mikroskoptisches angebrachten Spiegel. Dieser Spiegel muß doppelt sein, auf der einen Seite plan, auf der anderen konkav, und soll mindestens $4^1/_2$ cm im Durchmesser haben. Bei mittelstarken Vergrößerungen reicht der konkave Spiegel zur Beleuchtung vollkommen aus. Der Spiegel sollte stets die ausgedehnteste Beweglichkeit aufweisen; darin zeigen sich sehr viele Stative mangelhaft, daß der Spiegel an einer festen Stange zwar auf- und ab- und um sich selbst bewegt, aber nicht aus der Achse des Instrumentes gebracht werden kann. Eine seitliche Beleuchtung ohne besondere Apparate wird dadurch unmöglich gemacht. Wir ziehen mit Entschiedenheit jene Einrichtung vor, bei welchen ein besonderer, an der Unterseite des Tisches eingelenkter Arm den Spiegel trägt. Am Thury'schen Stativ (Fig. 25) ist dieser Arm durch ein

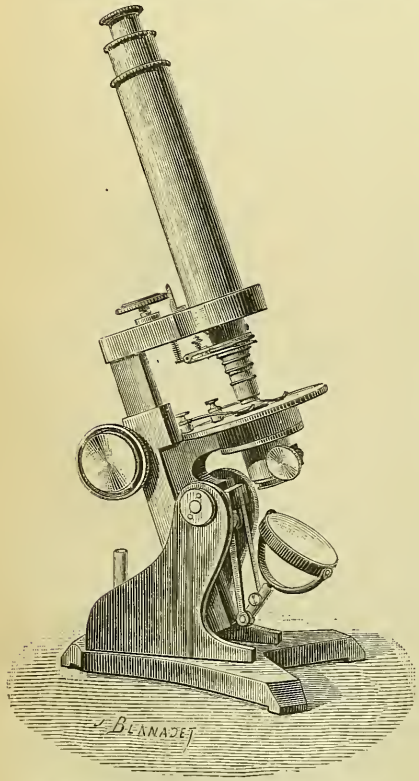


Fig. 25. Das große Mikroskopstativ der genfer Werkstätte.

Parallelogramm ersetzt, welches den Spiegel stets in solcher Entfernung hält, daß die Lichtstrahlen genau auf dem Objekte zum Fokus zusammentreten. In der Praxis ist eine solche Einrichtung entbehrlich, weil der Geübte den richtigen Fokus des Konkavspiegels auch sonst herauszufinden weiß.

Die Lichtquellen für das Mikroskopieren. Das beste Licht zur Untersuchung durchsichtiger Präparate ist das von weißen Wolken oder von einer weißen Mauer reflektierte Sonnenlicht; der blaue Himmel hat nur eine geringe Leuchtkraft. Am schlimmsten steht die Sache bei trübem Wetter; ist das Tageslicht gar zu schlecht, so nehme man lieber zur künstlichen Beleuchtung seine Zuflucht.

Man findet gegenwärtig im Handel große Petroleumlampen mit zwei flach neben einander oder konzentrisch angeordneten Dochten. Setzt man dem Öl etwas Kampher hinzu, so nimmt die Flamme einen weißeren Glanz an. Gaslicht läßt sich auch gut verwenden. Bei Anwendung starker Vergrößerungen muß das Licht vermittelst großer Linsen oder einer Schusterkugel auf den Mikroskopspiegel konzentriert werden. Eine große, durch vier Sammellinsen unterbrochene Metallglocke, in welcher die Lampe aufgestellt wird, ist von Ranvier vorgeschlagen worden.

Setzt man der Lampe einen bläulichen Kobaltglascylinder auf, so nimmt das Licht eine für das Auge weniger angreifende Farbe an. »Durch blaue, noch besser durch »grüne und blaugrüne Gläser zwischen Lichtquelle und Objekt (weniger gut zwischen »Objekt und Auge) gewinnt auch die Schärfe der Bilder, hinreichende Lichtstärke »vorausgesetzt, in rotem Lichte ist die Bildschärfe dagegen geringer wie in weißem. »Grüne Gläser sind im allgemeinen besser als die blauen Kobaltgläser, weil letztere »immer viel rote Strahlen durchlassen. Die Ursachen, weshalb stärker brechbares »Licht von Grün bis Blau so viel bessere Bilder giebt, scheinen zum Teil rein physi»kalischer, zum Teil physiologischer Art zu sein.« (Th. W. Engelmann.)

Im ganzen ist das Mikroskopieren bei künstlichem Lichte entschieden abzuraten, da die Augen bald leiden und die Bilder lange nicht so deutlich sind wie bei hellem Tageslichte; man hat aber nicht immer die Wahl, am wenigsten während der kurzen Wintertage.

Es ist öfter von Vorteil, namentlich beim Arbeiten mit starken Vergrößerungen, das direkte Licht von den Augen durch einen schwarzen Vorhang abzuhalten, den man an einer Schnur oder an einer eisernen Stange quer vor dem Mikroskop aufhängt. Besondere Empfehlung verdient der Vorschlag J. H. L. Flögel's, eine förmliche Camera obscura aus leichtem Material zu verwenden, welche das äußere Licht auf den Mikroskopspiegel beschränkt. Eine solche hat in sehr praktischer und vervollkommneter Form Th. W. Engelmann errichtet und beschrieben. Man stellt am besten den Tisch gerade vor das Fenster hin; seitlich einfallendes Licht hat beim Zeichnen und überhaupt bei der histologischen Arbeit zu große Nachteile.

Als Arbeitstisch eignet sich am besten ein festes, auf zwei seitlichen Schubladenbehältern ruhendes Brett; eine große, an der Unterseite schwarz angestrichene Spiegelglasscheibe, womit man die Tischplatte bedeckt, ist zwar etwas kostspielig, wegen leichter Reinigung aber angenehm. Auch kann man an einer Stelle der Tischplatte eine Öffnung anbringen und an derselben Stelle den schwarzen Anstrich von der Glasscheibe entfernen. Ein darunter gestellter großer Spiegel beleuchtet alsdann diese Stelle von unten her, wodurch die Arbeit bei der Herstellung mikroskopischer Präparate wesentlich erleichtert wird.

Die Blenden. Von der größten Wichtigkeit ist die nur zu oft vernachlässigte Abblendung des unnützen Lichtes. Zu diesem Zwecke findet man stets unterhalb des Mikroskoptisches eine spezielle Einrichtung angebracht, welche eine zur Größe des Gesichtsfeldes passende Blende mit Leichtigkeit unterzuschieben gestattet. Es ist dies entweder eine Drehscheibe mit Öffnungen von verschiedener Größe, eine sogenannte Scheibenblendung, oder eine Cylinderblendung, welche man in einen cylindrischen, unter dem Tische befindlichen Einsatz schieben kann. Mit der Drehscheibe kann man die Öffnungen schneller wechseln, mit der Cylinderblendung hat man den Vorteil, daß man die Blende hinauf- und hinabbewegen und hierdurch verschiedene Lichteffekte erzielen kann. Eine Drehscheibe sollte stets möglichst nahe am Objekte liegen; es entspricht dieser Anforderung am besten die von Zeiss eingeführte Drehscheibe in Gestalt eines Kugelsegmentes.

Das Substage. Bei größeren Stativen kommt immer mehr die englische Vorrichtung eines sogenannten »Substage« in Anwendung. Eine unterhalb des Tisches seitlich angebrachte vertikale Stange dient als Achse, um welche sich eine breitere gezähnte Stange dreht. Letztere trägt einen Ring, den man durch Zahn und Rad an der Stange auf und ab bewegen kann, und in welchem die Blenden und Beleuchtungsvorrichtungen mit Leichtigkeit gewechselt werden können, nachdem man den Ring seitlich umgeschlagen hat. Mit den neueren Beleuchtungsapparaten ist ein solches »Substage« zur Notwendigkeit geworden.

Lichtkonzentrations-Vorrichtungen. Mit der Einführung weitwinkeliger Objektivlinsen Hand in Hand ist auch die Vervollkommnung der Beleuchtungsvorrichtungen vorgeschritten; denn es kann offenbar die Objektivlinse nur solche Strahlen aufnehmen, die man derselben mit dem Beleuchtungsapparat zuführt. Wird nun das Objekt mit einem etwa 25 bis 40° divergierenden Strahlenkegel beleuchtet, wie es ja in der Regel geschieht, so tritt nur ein geringer Teil des Öffnungswinkels in Wirksamkeit; das um 140° geöffnete Objektiv zeigt keine bessere Wirkung als eine 40° Öffnung aufweisende Linse. Um den ganzen Öffnungswinkel auszunutzen, muß man einen um 140° konvergierenden Strahlenkegel dem Objekte von unten her zuführen. Diesen Zweck erreicht man am vollkommensten dadurch, daß man, wie es in England bei Beck und namentlich Powell und Lealand geschieht, das Objekt zwischen zwei dünnen Deckgläschen einschließt und zwischen zwei achromatischen, weitwinkeligen, oben und unten symmetrisch gestellten Immersionssystemen einfaßt.

Das untere Linsensystem wirkt als Konzentrator, das obere als Objektiv. Da jedoch eine solche Vorrichtung gar zu kostspielig wäre, so nimmt man zur Beleuchtung ein weniger sorgfältig ausgearbeitetes Linsensystem.

Billiger noch und den meisten Anforderungen vollständig genügend ist der neuerdings in starke Aufnahme gekommene Abbe'sche Beleuch-

tungsapparat (Fig. 26 und 27), den wir in der neuesten von Zeiss konstruierten Form darstellen.

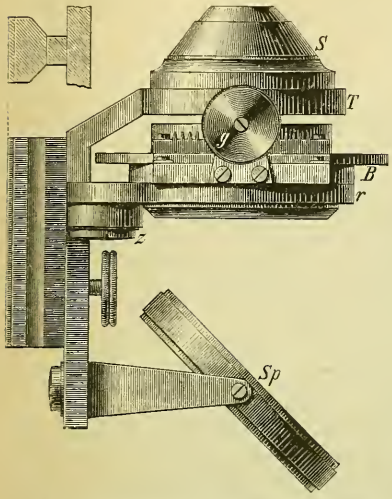


Fig. 26. Kondensator von Zeiss, nach Abbe. *S* Sammellinsen; *g* Zahntrieb zur Drehung des Blendenträgers *B*; *Sp* Spiegel.

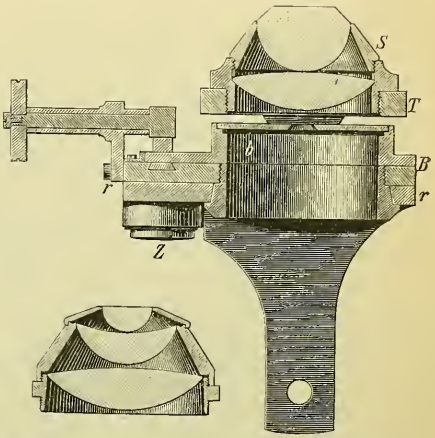


Fig. 27. Derselbe Apparat im Durchschnitt. Bezeichnungen wie nebenstehend.

Es besteht dieser Apparat aus zwei Teilen, aus den unbeweglichen, nach unten stark konvexen Linsen, deren obere plan geschliffen ist, und aus dem in zweifacher Weise, nämlich um die Achse und in radialer Richtung beweglichen, unten angebrachten Blendenträger (*B*). Durch bloßes Wechseln und Bewegen der Diaphragmen erhält man mit diesem Apparat alle Modifikationen der geraden und schiefen Beleuchtung. Wo es sich darum handelt, eine möglichst schiefe Beleuchtung zu erhalten, zumal eine sogenannte Dunkelfeldbeleuchtung bei starker Vergrößerung, kann man mit Vorteil einen Tropfen Wasser zwischen der obersten Linse des Kondensor und dem Objektträger anbringen, um die sonst erhebliche Reflexion der Lichtstrahlen an den beiden Glasflächen zu vermindern. Die früher vielfach empfohlenen Prismen für seitliche Beleuchtung kann man heutzutage mit den neueren Kondensoren entbehren.

Die Eigentümlichkeiten des mikroskopischen Bildes. Für den Ungeübten ist das mikroskopische Bild nur bei schwacher Vergrößerung und auffallendem Lichte ohne weiteres verständlich. Das Verständnis der Gegenstände bei durchfallendem Licht erfordert schon einiges Nachdenken und Gewohnheit. Wo aber starke Vergrößerungen in Gebrauch kommen, da gewinnt das Bild ein so eigenes Gepräge, daß man jahrelang über den Grund mancher Erscheinungen hat streiten können, und noch gegenwärtig sind manche Dinge, wie z. B. die Zeichnungen am Kieselpanzer einiger Diatomeen, noch lange nicht in befriedigender Weise aufgeklärt. Vor allen Dingen muß man bedenken, daß man nur denjenigen Teil des Gegenstandes sehen kann, welcher genau in der Fokalebene liegt; man erhält also stets nur ein Querschnittsbild.

Die schwächsten Objektivsysteme, namentlich die aus England stammenden, besitzen allein die Eigenschaft, Teile, welche ziemlich weit oberhalb oder unterhalb der Einstellungsebene liegen, noch zur scharfen Abgrenzung zu bringen. Es wird diese Eigenschaft als Tiefe bezeichnet. Bei mittelstarken und stärksten Systemen existiert die Tiefe sozusagen gar nicht mehr; es sinkt dieselbe auf $^1/_{1000}$ mm und noch weniger herab. Man kann daher von dem Gegenstande nur dadurch Verständnis gewinnen, daß man mit der Schraube die Einstellung fortwährend ändert und sich in Gedanken das Gesamtbild aus den einzelnen übereinander liegenden optischen Durchschnitten konstruiert. Bei jeder Einstellung haben die höher und tiefer liegenden Teile nur die Wirkung, daß sie das Licht ungleichmäßig brechen und das Bild nicht in vollkommener Reinheit und Schärfe erscheinen lassen. Andererseits aber sind allzu dünn geschnittene Präparate dadurch schwer verständlich, daß man verschiedene Schnitte durchmustern muß, um diejenigen Bilder zu erhalten, welche man sonst durch bloße Änderung der Einstellung rasch nacheinander zu Gesicht bekommen hätte.

Diffraktionserscheinungen. Es kommen aber noch außerdem gewisse Erscheinungen in Betracht, welche von der Korrektion und Qualität des Objektivsystemes unabhängig sind, nämlich die Diffraktionserscheinungen. Ein scharfer dunkler Umriß zeigt sich nicht als einfache Linie, sondern wird vielmehr stets von mehreren parallel verlaufenden Linien begleitet (Fig. 28). Die zwei dem eigentlichen Kontur am nächsten liegenden sind in der Regel recht augenfällig und wurden schon unzählige Male als dem Gegenstand angehörige Struktur aufgefaßt; die übrigen Linien erscheinen immer blasser und erfordern einige Aufmerksamkeit, um überhaupt wahrgenommen zu werden. Es giebt übrigens ein Mittel, um diese Täuschung zu erkennen: wendet man ein farbiges rotes Licht an, so nehmen die Diffraktionslinien an Deutlichkeit vielfach zu, während ein Strukturbild bei solcher Beleuchtung durchaus nicht deutlicher erscheint als bei weißem Lichte. Die Diffraktionslinien stehen in rotem Lichte weiter voneinander ab als in blauem, kurzwelligem, was von den Strukturlinien nicht gilt (Th. W. Engelmann). Außerdem sei noch bemerkt, daß ein Strukturbild bei wechselnder Vergrößerung eine der Vergrößerung proportionale Größe aufweist, während der Abstand der Diffraktionslinien keine solche Regel befolgt.

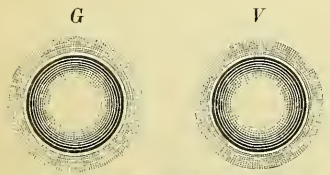


Fig. 28. Luftblasen im Wasser im gelben (*G*) und violetten (*V*) Lichte bei starker Vergrößerung betrachtet.

Lichtbrechungserscheinungen. An mikroskopischen Objekten gelangt zunächst die Struktur zur Wahrnehmung; es wird dieselbe durch die Zusammensetzung aus mehr oder minder stark lichtbrechenden Teilen ausgedrückt. Der angehende Mikroskopiker muß also vor allen Dingen das durch verschiedene Lichtbrechung hervorgebrachte Aussehen analysieren

und gründlich kennen lernen. Es ist ratsam, zunächst zu den exstremsten Fällen zu greifen, die einmal erkannten Unterschiede lassen sich nachher ohne Mühe in weniger prägnanten Fällen wieder erkennen.

Man untersuche zunächst eine in Wasser befindliche Luftblase (Fig. 29 A B C) als Beispiel eines Gegenstandes, welcher geringere Brechung

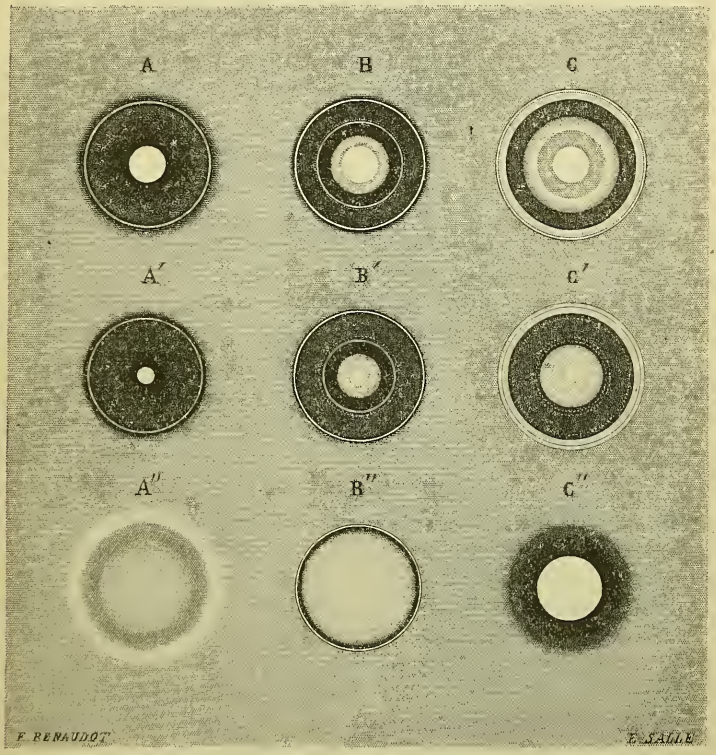


Fig. 29. 1 in Wasser suspendierte Luftblase; A bei oberflächlicher, B bei mittlerer, C bei tiefster Einstellung.
2 Luftblase in Canadabalsam; A' B' C' verschiedene Einstellungen wie oben.
3 Fetttröpfchen in Wasser; A'' bei tiefster, B'' bei mittlerer, C'' bei oberflächlicher Einstellung des Mikroskopes.

aufweist als die Umgebung. Am bequemsten nimmt man hierzu etwas Speichel, welcher reichliche Luftblasen zu enthalten pflegt. Die richtige Einstellung auf den größten Durchmesser ist in B dargestellt, während A die tiefste und C die oberflächlichste Einstellung versinnlichen. Ein Blick auf die Figuren kann das Lichtspiel besser zur Anschauung bringen als irgendwelche Beschreibung. Ist die Luftblase in den stark lichtbrechenden Canadabalsam eingeschlossen (Fig. 2), so erscheinen bei den verschiedenen Einstellungen die Lichtpartieen schmäler. In Fig. 30 ist der Gang der Lichtstrahlen in schematischer Weise dargestellt und er-

hellt aus der Betrachtung derselben die Ursache des schwarzen Randes, indem die Randstrahlen seitlich abgelenkt werden.

Wo die Luft in sehr feiner Verteilung auftritt, z. B. wo dieselbe in feinen Höhlungen und Kanälchen organischer Körper eingeschlossen ist, da können die durch die Luftschicht gehenden, darauf nach den verschiedensten Richtungen gebrochenen Strahlen sozusagen gar nicht mehr in das Objektiv gelangen, und der mit Luft erfüllte Hohlraum muß schwarz erscheinen. Ein trockener Knochenschliff, direkt in Canadabalsam eingelegt, zeigt die Höhlen und Kanälchen vollkommen schwarz und kann die optische Wirkung der fein verteilten Luft trefflich veranschaulichen. Als Beispiel des umgekehrten Verhältnisses eines stark lichtbrechenden, in einer weniger brechenden Flüssigkeit eingeschlossenen Gegenstandes kann man die Fettkügelchen in einem Tropfen Milch wählen (Fig. 29, 3). Bei mittlerer Einstellung erscheint das ganze Feld mit Ausnahme des Randes hell, während die oberflächliche Ansicht (Fig. 29, 3, C″) ein ähnliches Bild wie die tiefe Einstellung im ersten Falle abgiebt (vergl. C″ mit A) und umgekehrt die tiefe Ansicht (A″) mit der oberflächlichen (C) manche Ähnlichkeiten aufweist. Was man mit schematischer Einfachheit an solchen sphärischen Einschlüssen erkennt, kann man auf verschieden gestaltete Körper übertragen und sich das wechselvolle Lichtspiel an deren Konturen zurecht legen. Das allgemeine Gesetz hat Welcker folgendermaßen zusammengefaßt:

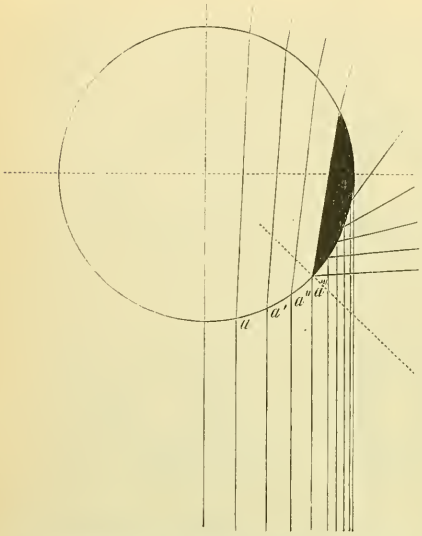


Fig. 30. Schematische Darstellung des Lichtstrahlenverlaufs in einem im Wasser suspendierten Luftbläschen.

Bei zentraler Beleuchtung zeigen gewölbte Körperchen und Erhabenheiten, sobald das auf den Umfang eingestellte Mikroskop höher geschraubt wird, eine stärkere Erhellung des Mittelteiles, und das Umgekehrte beobachtet man bei hohlen Körperchen und Vertiefungen.

Bei schiefer Beleuchtung sind gewölbte Körperchen und Erhabenheiten an der vom Lichte abgewandten Seite dunkel, hohle Körperchen und Vertiefungen dagegen an der dem Lichte zugekehrten Seite.

Als günstigstes Objekt zum Studieren dieser Lichtwirkungen sind die roten Blutkörperchen des Menschen zu nennen; es stellen diese rote Scheibchen dar mit einer tellerförmigen Vertiefung an jeder Seite. Bei

hoher Einstellung erscheint der ausgehöhlte Teil dunkel, bei tiefer hell mit etwas schattigem Rande (Fig. 31).

Das Strukturbild. Das Strukturbild ist weiter nichts als die gesamte aus solchen Lichtbrechungen zusammengesetzte Zeichnung. Ein solches Bild ist nicht ohne weiteres verständlich, da wir es ja gewohnt sind, die Gegenstände bei auffallendem Lichte zu betrachten und mit durchsichtigen, in Flüssigkeiten eingeschlossenen makroskopischen Objekten nur selten nähere Bekanntschaft zu machen Gelegenheit haben. In dieser Beziehung kann man die Beobachtung großer durchsichtiger Wasser bewohnender Tiere als Vorübung zu mikroskopischen Studien nur empfehlen.

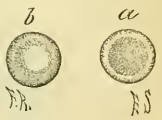


Fig. 31. Rotes Blutkörperchen des Menschen. *a* bei oberflächlicher, *b* bei tiefer Einstellung des Tubus.

Das Farbenbild. Ganz verschieden vom Strukturbild ist das sogenannte Farbenbild. Ist es durch besondere Kunstgriffe gelungen, diejenigen Teile, die man kennen lernen will, ausschließlich scharf zu färben, so daß ihre Umgebung farblos bleibt, und in einem Medium einzuschließen, welches annähernd dasselbe Brechungsvermögen besitzt wie der Gegenstand selbst, so kann man die Grenzlinien zwischen dem farbigen und farblosen Gebiet ohne jede Lichtbrechung wahrnehmen. Es findet dies namentlich bei der Betrachtung mit weitwinkeligen Objektivlinsen und möglichst allseitiger Beleuchtung statt. Das Bild gleicht dem Aussehen eines roten oder blauen, in Canadabalsam eingetauchten Glasstabes.

Die meisten Präparate bieten das Farben- und Strukturbild gleichzeitig und miteinander kombiniert. Es empfiehlt sich daher, reine Struktur- und reine Farbenbilder zuerst kennen zu lernen, um deren Kombination besser zu verstehen.

Enger und weiter Objektivwinkel. Am Strukturbild sind noch einige Eigentümlichkeiten hervorzuheben. In den meisten Fällen wünscht der Anatom ein scharfes Durchschnittsbild der zur Fokalebene befindlichen Membranen und Begrenzungen. Diesen Zweck erreicht am besten eine engwinkelige Linse oder aber eine weitwinkelige, die man durch Blenden oder spitzwinkeligen Beleuchtungskegel praktisch in eine engwinkelige verwandelt. Will man aber auch diejenigen Strukturen wahrnehmen können, welche fast parallel mit der Fokalebene liegen, so muß man ein solches Flächenbild in ein Durchschnittsbild verwandeln. Es geschieht dieses dadurch, daß man mit sehr schief einfallenden Strahlen beleuchtet; zur Aufnahme so schiefer Strahlen ist dann auch ein weitwinkeliges Objektiv erforderlich. Es findet diese Untersuchungsweise bei der Durchforschung der Wellenlinien und seichten Einkerbungen an der Oberfläche der Diatomeenschalen seine Hauptanwendung, kann aber auch unter Umständen der Biologie erhebliche Dienste leisten.

Der Mikroskoptisch. Zum Auflegen der Präparate ist jedes Mikroskop mit einem Tische versehen, welcher zur Beleuchtung eine zentrale Öffnung aufweist. Auf die Breite dieser Fläche ist besonders Gewicht zu

legen, da man sonst keine breiten Uhrschalen oder Glasdosen unter schwachen Vergrößerungen einschieben, keine Kompressorien, heizbare Tische oder ähnliche Vorrichtungen anwenden kann. Kleinere billige Stative sind in dieser Beziehung recht mangelhaft, indem zwischen der Öffnung des Tisches und der Mikroskopsäule fast gar kein Raum übrig bleibt. Das mittlere Stativ von Seibert und Krafft (Fig. 32) ist jedoch mit einem Tische von genügender Breite versehen. Alle besseren Instrumente werden gegenwärtig mit einem drehbaren Tische versehen, welcher um die Zentralöffnung rotiert. Wir geben denjenigen Modellen, bei welchen die Tischplatte unabhängig von der Mikroskopsäule sich bewegt, unstreitig vor denen den Vorzug, bei welchen beide Teile miteinander gedreht werden müssen. Größere Instrumente von der Firma Seibert und Krafft[1]) besitzen eine Schraubenvorrichtung zum Zentrieren des Tisches, wodurch man dessen Öffnung in die optische Achse des Tubus einstellen kann.

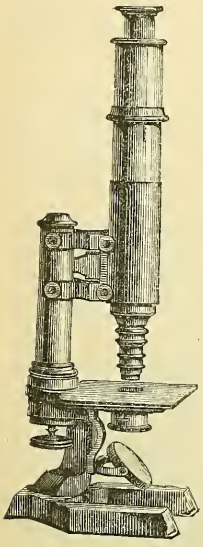


Fig. 32. Seibert u. Krafft's mittleres Mikroskop.

Den größeren englischen Stativen wird ein in zwei Richtungen mittelst Schrauben bewegbarer Präparatenträger beigegeben, dessen Anwendung wir jedoch allen denen, welche gesunde Hände haben, abraten möchten.

Das Stativ. Es werden sämtliche oben genannte Vorrichtungen von einem Gestell getragen, welches man als Stativ bezeichnet. Es ruht das Ganze auf einem Fuße, welcher möglichst breit und schwer sein sollte. An der Unterseite soll der Fuß drei Erhabenheiten aufweisen; ist die Unterseite des Fußes flach, so stellt sich auf einem gewöhnlichen Arbeitstische fast immer ein Wackeln des Instrumentes ein. Vom Fuße erhebt sich eine einfache oder doppelte Säule, auf welcher das Instrument entweder einfach oder mit Gelenk befestigt ist. Es hat das Umlegen des Mikroskopes nur bei langem Tubus, wie man ihn in England gebraucht, einen großen Nutzen. Die niederen Instrumente mit kurzen Tubus, wie man sie auf dem Festlande allgemein gebraucht, lassen eine solche Vorrichtung zwar bequem, aber doch ganz und gar entbehrlich erscheinen. Es läßt sich jedoch nicht leugnen, daß die mehr horizontale Stellung des Auges bei schief gestelltem Instrument den Blutandrang in das Sehorgan beim Mikroskopieren geringer werden lässt als bei vertikalem Hinuntersehen, daher ein Stativ mit Schiefstellung für Kurzsichtige, und namentlich für alle an progressiver Myopie leidenden Beobachter, die wärmste Empfehlung verdient. (S. Fig. 33 und 34.)

1) Die Firma wird unter dem Namen W. und H. Seibert, Gundlachs Nachfolger fortgesetzt.

Der Tubus. Der Tubus ist an einer Säule befestigt, welche zugleich meistens mit einer Bewegungsvorrichtung zur Einstellung des optischen Apparates versehen ist. Bei den einfacheren Instrumenten trägt die Säule einen Hohlcylinder, in welchem der Tubus durch einfache Reibung auf und ab gleitet. Es gewährt diese Vorrichtung leider keinen genügenden Spielraum für die schwächsten Vergrößerungen, und außerdem hat man mit der Reibungsbewegung beständig Unannehmlichkeiten, je nachdem

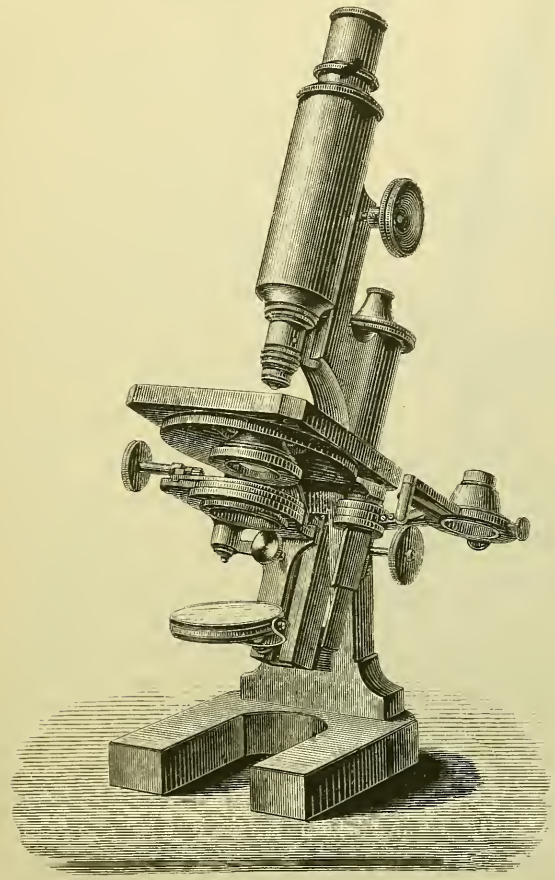


Fig. 33. Großes Mikroskop von Zeiss in Jena.

der Tubus mehr oder weniger durch den optischen Apparat belastet wird. Weit besser ist es, wenn der Tubus durch Zahn und Trieb eingestellt werden kann, und zwar findet der Zahnapparat entweder zwischen Tubus und Säule seine Stellung oder aber die ganze Säule wird auf und ab bewegt, wie dieses am genfer Stativ (Fig. 34) und an manchen englischen Instrumenten der Fall ist.

Außer dieser schnellen Einstellung besitzen heutzutage wohl alle Instrumente eine feine Einstellung, die man meistens an der Säule anbringt. Es besteht dieselbe aus einer gegen eine Spiralfeder wirkenden feinen Schraube. Auf die Dauer stellt sich meistens ein geringes Wackeln des Tubus ein, welches beim Arbeiten mit stärkeren Vergrößerungen äußerst störend ist. Diesem Übelstande haben Gundlach und seine Nachfolger Seibert und Krafft dadurch vorgebeugt, daß der Tubus mit der festen Säule durch zwei eingelenkte parallele Zwischenstücke verbunden wird, die ein Parallelogramm darstellen (s. Fig. 32). Beim genfer Stativ wirkt die feine Einstellung einzig und allein auf einen kleinen, das Objektiv tragenden Cylinder, welcher in einem etwas weiteren Rohre gleitet. Es gewährt diese Vorrichtung den Vorteil, daß, wenn man einmal durch Unvorsichtigkeit bei der gröberen Einstellung das Objektiv auf das Präparat hinunterschiebt, das ganze Objektivsystem in die Höhe ausweicht und so dem Zerdrücken des Glases vorgebeugt wird.

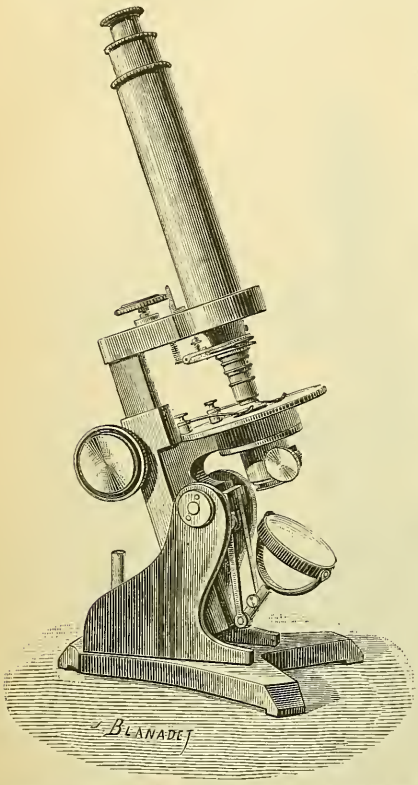


Fig. 34. Großes Mikroskop der genfer Werkstätte in Plainpalais.

Am Tubus werden die Okulare oben einfach eingeschoben, die Objektive dagegen am unteren Ende desselben angeschraubt. Auf genaues Zentrieren der Okulare kommt nämlich gar nichts an, während das Objektiv ganz genau in der Achse des Instrumentes fixiert sein soll. Da nun aber das häufige An- und Abschrauben der Objektive eine lästige und zeitraubende Operation zu sein pflegt, so hat man verschiedene Vorrichtungen ersonnen, um dies zu umgehen.

Vorrichtungen zum Wechseln der Objektivsysteme. Den ausgedehntesten Gebrauch findet wohl die Revolvervorrichtung. Eine am unteren Ende des Tubus befestigte Drehscheibe trägt mehrere Objektivlinsen, welche man durch einfaches Rotieren der Scheibe nacheinander in Gebrauch setzt. Daß das Zentrieren etwas leidet, ist wohl selbstverständlich. Wir geben der von Prof. Thury in Genf ersonnenen und am genfer Stativ (Fig. 34) zuerst ausgeführten, nachher von Nachet nachgeahmten Vorrichtung ganz unbedingt den Vorzug. Das mit einem ringförmigen

Aufsatze versehene Objektiv wird einfach von vorne her eingeschoben, wobei ein kleiner Stahlcylinder in den Ring einklappt und eine durch Federn angezogene Gabel das Ganze in der richtigen Stellung festhält. Das Wechseln der Objektive geschieht ebenso schnell wie mit dem Revolver, man hat aber den Vorteil, daß man nicht auf diejenigen Linsen sich beschränken muß, welche am Revolver Platz finden können. Das Zentrieren ist ebenso vollkommen wie mit dem Revolverobjektivträger, kann aber freilich nicht dieselbe Sicherheit bieten wie das einfache Anschrauben.

Der Ankauf eines Mikroskops. Will sich ein Unerfahrener ein Mikroskop kaufen, so möchten wir ihm vor allen Dingen anraten, sich sofort ein gutes großes Stativ von einer der besten Firmen zu verschaffen. Sind seine Geldmittel etwas beschränkt, so begnüge er sich zunächst mit drei oder sogar mit zwei Objektivsystemen. Später kann er sich dann die übrigen Systeme und Nebenapparate successive nachkommen lassen. Den leider sehr verbreiteten Gebrauch, zunächst ein schlechtes Stativ mit einer Anzahl Objektivsysteme, möglicherweise aus einer wenig bekannten Werkstätte, zu kaufen, halten wir durchaus für verwerflich, da der Anfänger hierdurch die Schwierigkeiten, mit welchen er zu kämpfen hat, noch vergrößert und nur gar zu oft den Mut und die Lust an der Arbeit verliert. Kommt er dann schließlich dazu, sich ein besseres Instrument zu verschaffen, so ist er genötigt, die ganzen Kosten von neuem zu erstehen, und das alte Mikroskop bleibt ihm als unbrauchbares Ding in den Händen.

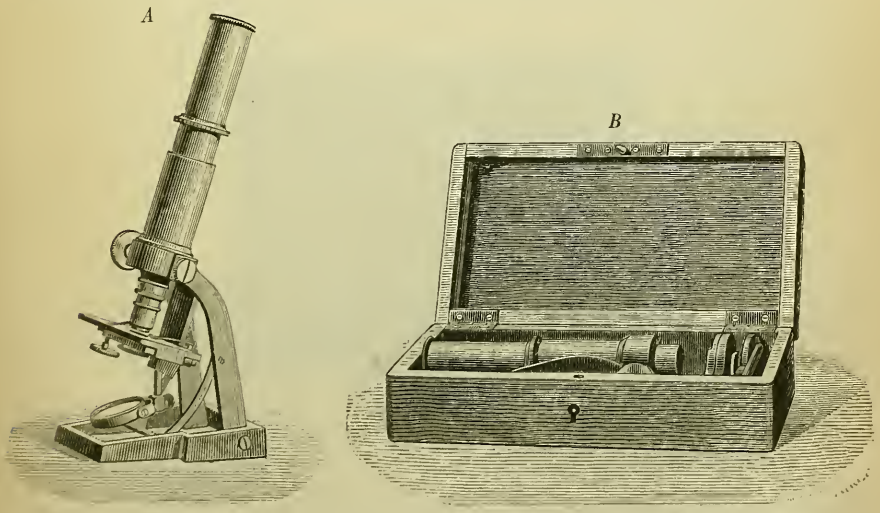


Fig. 35. Das Reisemikroskop der genfer Werkstätte. *A* aufgestellt; *B* im Kasten zusammengelegt.

Prüfung des Stativs. Bei der Wahl des Stativs sei vor allen Dingen darauf geachtet, daß der Tisch breit und hoch genug sei, um später einen

Beleuchtungsapparat anbringen zu können. Ferner prüfe man bei starker Vergrößerung den Gang der feinen Einstellung, indem man die Schraube einmal tief eindreht, das andere mal ganz ausschraubt. Dabei übe man mit dem Finger einen seitlichen Druck abwechselnd rechts und links

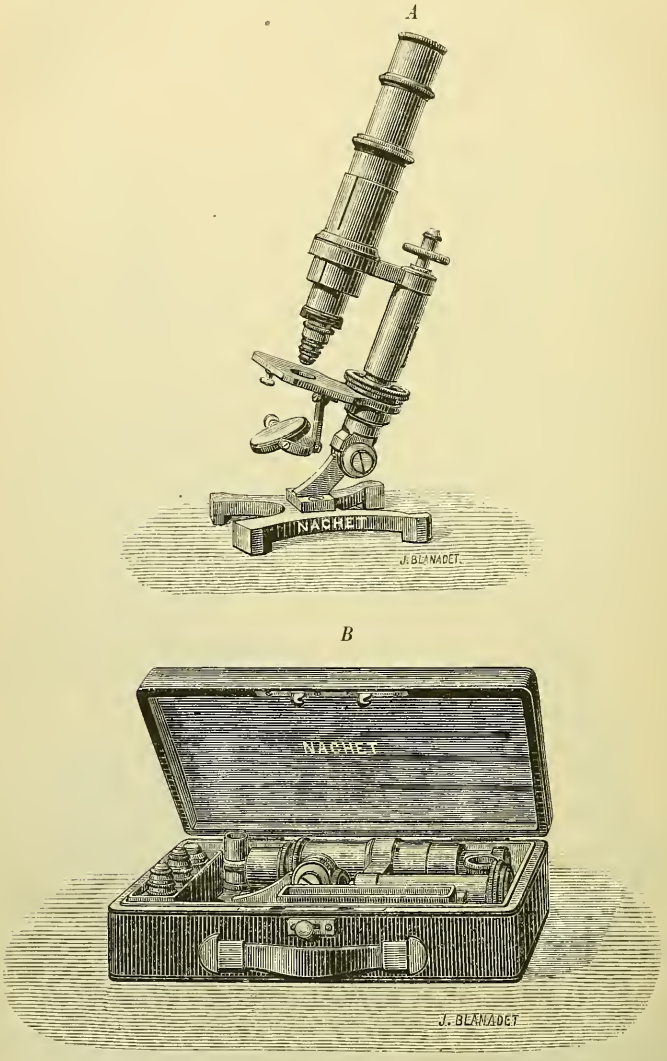


Fig. 36. Nachet's Reisemikroskop. *A* aufgestellt; *B* in der Schachtel zusammengelegt.

gegen den Tubus und sehe zu, ob sich das Bild im Gesichtsfelde dabei erheblich zu bewegen scheint. Ein solches Wackeln an einem neuen Stative ist durchaus unzulässig, da es sich mit der Zeit nur verschlimmern kann.

Reisemikroskope. Einige Nachsicht in dieser und anderer Beziehung verdienen nur die für die Reise oder für Ausflüge bestimmten leicht gebauten, kompendiösen Instrumente, von denen wir als Beispiel das in der genfer Werkstätte konstruierte anführen. Die Art und Weise, wie sich das Instrument zusammenlegt und fast augenblicklich aufgestellt werden kann, ist aus der Fig. 35 (*A* und *B*) so leicht ersichtlich, daß wir auf eine nähere Beschreibung verzichten können. Zeiss, Nachet und Andere haben ebenfalls sinnreiche Instrumente hergestellt, welche denselben Zweck erfüllen. Das Nachet'sche Reisestativ (Fig. 36 und 37) kann nicht nur als Mikroskop benutzt werden, sondern stellt zu gleicher Zeit ein sehr bequemes Lupenstativ dar (Fig. 37 *b*).

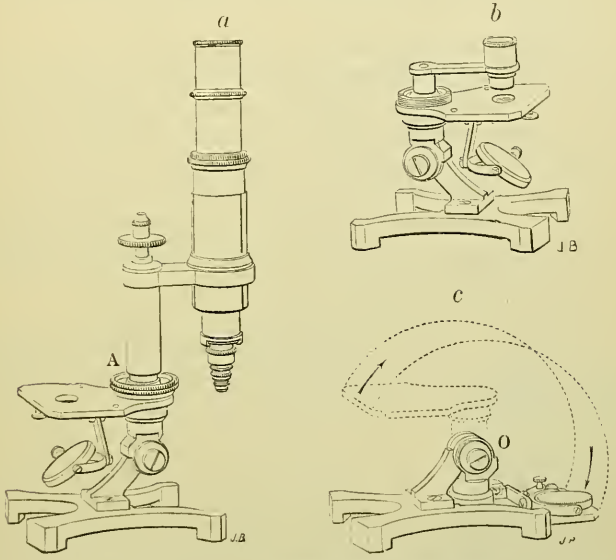


Fig. 37. Nachet's Reisemikroskop. *a* das Auseinanderschrauben desselben; *b* als Lupenstativ aufgestellt; *c* das Zusammenlegen des Fußes.

Prüfung der optischen Fähigkeit. Um vieles schwieriger gestaltet sich die Prüfung der optischen Fähigkeit der Linsensysteme. Da eine ziemliche Erfahrung dazu gehört, um diese Operation gehörig vorzunehmen, so lasse der Anfänger lieber sein Instrument durch einen Kenner prüfen. Das Bild soll bis an den Rand in den Umrissen scharf gezeichnet und recht hell erscheinen, die feinsten Einzelheiten in der Struktur des Objektes erkennen lassen und frei von farbigen Rändern sein.

Chromatische und sphärische Aberration. Was die letztere Eigenschaft betrifft, so sei man nicht allzugenau, da es bislang nicht gelungen ist, die letzten Spuren der chromatischen Aberration zu beseitigen. Die meisten Systeme sind überkorrigiert und zeigen einen leicht bläulichen Rand. Die Erfahrung lehrt am besten, was man in dieser Beziehung dem

Optiker gestatten muß. Auf die sphärische Aberration dagegen muß man das Instrument mit äußerster Schärfe prüfen, wobei man jedoch kein Präparat nehmen darf, das mit einem dicken Deckglase bedeckt ist, da eine ganz richtig korrigierte Linse in diesem Falle doch eine Aberration aufweist.

Die Prüfung geschieht genau so, wie oben für die Vornahme der Korrektion starker Linsen angegeben wurde, indem man also den Tubus um dieselbe Höhe oberhalb und unterhalb der genauen Einstellungsebene bewegt und dabei die Breite der Linien am Rande des Objektes beobachtet. In beiden Stellungen soll diese Breite die nämliche sein. Man achte namentlich auf die Randteile des Bildes, wo dieser Fehler häufiger vorkommt als in den mittleren Teilen. Ein geeignetes Prüfungsobjekt besteht nach Harting in einer Glasplatte, die man so lange in die Flamme einer Kerze hält, bis sich darauf eine mäßig dicke Rußschicht abgelagert hat; man beobachtet mit dem zu prüfenden Systeme die feinen Risse, welche beim Erkalten der Platte entstehen.

Öffnungswinkel und Lichtstärke. Auf die Bestimmung des Öffnungswinkels können wir nicht näher eingehen, weil diese etwas komplizierte Operation einen besonderen Apparat, einen sogenannten Apertometer verlangt; es sei in dieser Hinsicht auf spezielle Handbücher, namentlich auf das von Dippel hingewiesen.

Eine einfache, aber wenig zuverlässige Methode, diesen Öffnungswinkel zu bestimmen, hat Dippel angegeben. Man stellt das zu prüfende System über einem Maßstab auf und untersucht mit einer zweiten Lupe, welche Länge der Skala (l) als deutliches reelles Bild sichtbar ist. Es sei nun h der Abstand der Frontlinse von dem Maßstab, w der halbe Öffnungswinkel, so hat man: $\frac{1/2 l}{h} = tg.\ w.$

Die Lichtstärke, welche mit dem Öffnungswinkel eng zusammenhängt, läßt sich nur schätzen; es giebt kein Mittel, diese wichtige Eigenschaft auch nur annähernd abzumessen.

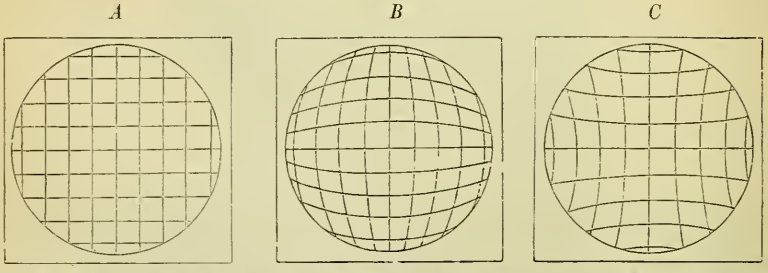


Fig. 38. Rechtwinkeliges Gitter A unter einem richtig zeichnenden Systeme, B und C unter fehlerhaften Linsensystemen.

Die Verzeichnung. Was die Verzeichnung anlangt, so gestaltet sich die Prüfung dieses Fehlers äußerst einfach. Man bringt unter dem Objektiv ein gitterförmig eingeritztes Objektglas an und sieht nun zu, ob die Linien bis an den Rand gerade verlaufen und ob die quadratischen Felder ihre Regelmäßigkeit beibehalten.

Die Zentrierung. Um die genaue Zentrierung zu prüfen, bringt man ein Objekt an den Rand des Gesichtsfeldes und dreht nun den Tubus

um seine Achse; sind die Objektivlinsen durch eine Hebelvorrichtung statt einer Schraube am Tubus angebracht, so läßt sich das Objektivsystem allein um seine Achse drehen. Dabei fasse man den fixierten Gegenstand scharf ins Auge und sehe zu, ob er sich vom Rande des Gesichtsfeldes in irgend einer Richtung entfernt. Auf geringe Ungenauigkeiten der Zentrierung, die sich kaum vermeiden lassen, muß man gefaßt sein; einen größeren Fehler darf man jedoch nicht dulden, weil die optische Fähigkeit des Instrumentes zu sehr darunter leidet.

Die inneren Lichtreflexe. Es sei ferner auf einen von unseren Konstruktoren leider sehr oft vernachlässigten Punkt hingewiesen. Nimmt man das Okular weg und sieht in den Tubus mit bloßem Auge hinein, indem man von unten starkes Licht reflektiert, so zeigen sich in den meisten Fällen, namentlich bei unseren kontinentalen Mikroskopen, helle Lichtreflexe an nicht oder ungenügend geschwärzten Messingteilen. Man sollte diese hellen Stellen alle aufsuchen und mit matter schwarzer Farbe anstreichen.

Die Prüfung des Begrenzungsvermögens und der Auflösungskraft. Wir gelangen schließlich zum wichtigsten Gegenstande der Prüfung, nämlich: dem Begrenzungsvermögen und der Auflösungskraft eines Objektivsystems. Es sind nach und nach Objekte bekannt geworden, welche sich besonders dazu eignen. Man thut übrigens besser, nur einzelne von denselben ganz genau kennen zu lernen und auf die übrigen zu verzichten; es seien daher nur die hauptsächlichsten hier angeführt.

Die Prüfung schwacher Objektivsysteme. Zur Prüfung des Begrenzungsvermögens und der Farbenfreiheit schwacher Objektive eignen sich die Pollenkörner von *Althea rosea* bei auffallendem Sonnen- oder Lampenlichte. Die stachelförmigen Erhebungen der Oberfläche müssen scharf begrenzt erscheinen, ohne Farbensäume aufzuweisen. Es läßt sich an diesem Objekte auch die Tiefe des Gesichtsfeldes recht genau prüfen; es sollen in verschiedener Höhe liegende Stacheln gleichzeitig mit genügender Schärfe sichtbar sein. Zur Prüfung der Ebenheit des Gesichtsfeldes und des Auflösungsvermögens der nämlichen Objektive dient ein Präparat der Schüppchen der *Lepisma saccharina* (Fig. 39). Das Präparat darf nicht in der Mitte kugelförmig gewölbt erscheinen und an den Schuppen, auch an solchen, welche in der Nähe des Randes des Gesichtsfeldes liegen, soll man die Längsstreifen und bei genügender Vergrößerung auch die schiefen, von der An-

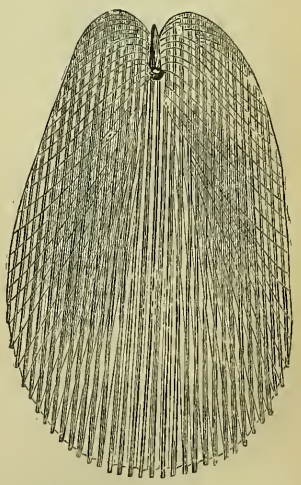


Fig. 39. Eine Schuppe von *Lepisma saccharina*, wie sie unter schwachem Objektiv und starkem Okular erscheinen sollte.

satzstelle der Schuppe ausgehenden zarten Streifen deutlich unterscheiden können.

Die Prüfung mittelstarker Vergrößerungen. Für mittelstarke Vergrößerungen nimmt man meistens das *Pleurosigma angulatum* (Fig. 40). Bei schiefer Beleuchtung und etwa 300 bis 400maliger Vergrößerung sollen die verschiedenen Streifensysteme deutlich erkennbar sein. *Pleurosigma formosum* zeigt schon bei geringerer Vergrößerung ein starkes und ein schwächeres Liniensystem. Allein der Anatom hat mit Diatomeenschalen und ähnlichen Strukturen nur wenig zu schaffen und die gleichen Linsen eignen sich nicht immer für Diatomeen und für histologische Objekte. Es ist daher ratsam, außer der bequemeren Diatomeenprüfung auch noch ein animalisches Objekt zu untersuchen. Es nehme ein jeder lieber denjenigen Gegenstand, den er am genauesten kennt; sonst kann man den vom Zahnfleisch abgestreiften Schleim und Muskelfibrillen von *Hydrophilus* als bequeme Testobjekte bestens anempfehlen. Im Mundschleim findet man Epithelzellen und Speichelkörperchen, sowie Luftblasen, an welchen das Begrenzungsvermögen sich besonders gut prüfen läßt. Die innere Struktur der Speichelkörperchen und die Mikroorganismen dienen zur Prüfung des Auflösungsvermögens. An den von Ranvier mit Recht empfohlenen Muskelfibrillen des *Hydrophilus* (Fig. 41) sollen die dünnen

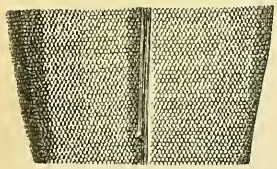


Fig. 40. *Pleurosigma angulatum* bei mittelstarker Objektivvergrößerung.

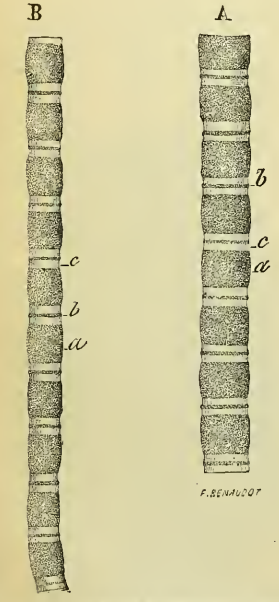


Fig. 41. Muskelfibrillen des *Hydrophilus piceus* in schwachem Alkohol isoliert und in Glycerin aufgehellt.

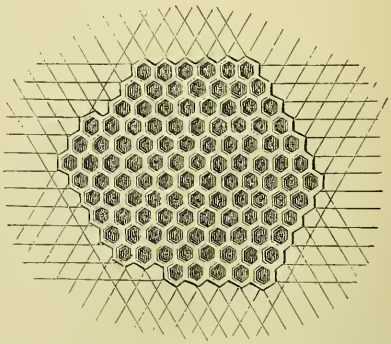


Fig. 42. Die Felder des *Pleurosigma angulatum* bei zentraler Beleuchtung.

hellen und dunkeln Zwischenscheiben deutlich zu sehen sein. Von letzterem Objekte muß man sich jedoch ein Dauerpräparat herstellen und

immer dasselbe zur Prüfung gebrauchen, da die Schwierigkeit des Objektes in außerordentlich weiten Grenzen schwanken kann, je nach der Präparationsweise und dem Kontraktionszustande des Muskels. Es gilt die gleiche Bemerkung auch von der Stubenfliege, deren Thoraxmuskeln ein recht brauchbares Testobjekt abgeben.

Die Prüfung stärkster Objektivsysteme. An Testobjekten für die stärksten Objektive ist kein Mangel; da man aber mit einigen wenigen vollkommen ausreicht, so wollen wir nur die wichtigsten anführen. *Pleurosigma angulatum*, trocken eingelegt, soll schon bei zentraler Beleuchtung die sechseckigen Felder (Fig. 42) deutlich zeigen. Für homogene Immersionen ist dieses Objekt gar zu leicht, und kommen nur noch die in Canadabalsam eingelegten Schalen in Betracht. Bei *Fragillaria capucina* sollen die Querstreifen, deren etwa 4 auf 1 μ kommen, bei etwas schiefem Lichte gut getrennt sein. *Grammatophora subtilissima*, in Canadabalsam eingelegt, soll außer den Querlinien am Rande auch noch schiefe Liniensysteme aufweisen (Fig. 43). *Surirella gemma* zeigt von der Mittellinie aus divergierende Querstreifen, von denen

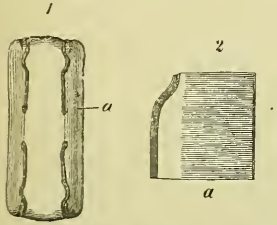


Fig. 43. *Grammatophora subtilissima* (1) und deren Querlinien (2) bei starker Vergrößerung und schiefem Lichte.

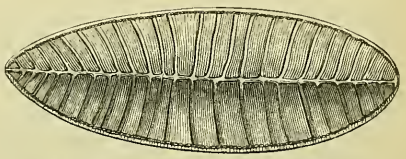


Fig. 44. *Surirella gemma*. Bei mittelstarker Vergrößerung.

2,2 bis 2,4 auf 1 μ kommen; diese sollen äußerst deutlich erscheinen (Fig. 44); außerdem aber können gute Linsensysteme die äußerst zarten Längslinien, von denen 3 bis 3,2 auf 1 μ treffen, bei schiefer Beleuchtung zeigen und sogar die länglich sechseckigen Felder, zwischen denen beide Liniensysteme verlaufen, deutlich abgrenzen. *Amphipleura pellucida* mit 5,1 bis 5,2 Streifen auf 1 μ ist nur durch die besten Immersionslinsen bequem lösbar. Wir halten diese Diatomeenschalen für praktischer als die sonst so ausgezeichneten Nobert'schen Platten. Von tierischen Probeobjekten nehme ein jeder, was er am besten kennt, z. B. Kernteilungsfiguren, namentlich die recht schwierigen Figuren am Seeigelei durch Chromessigsäure fixiert, mit Grenachers Boraxkarmin gefärbt und in Canadabalsam eingeschlossen. Es sollen die Kernfäden und Asterfiguren gut zu sehen sein. An den Speicheldrüsenzellkernen der Chironomuslarven, in Eisenperchlorid fixiert und in Glycerin eingelegt, sollen die Querscheiben nicht nur deutlich sein, sondern sich wiederum in Stäbchen auflösen lassen. Bei *Spirillum volutans*, mit Gentiana gefärbt

und in Canadabalsam eingeschlossen, sollen die Geißeln recht scharf erscheinen. Die in Brown'scher Bewegung begriffenen Körnchen in den Schleimzellen des Speichels liefern auch für den Geübteren ein recht brauchbares Objekt.

Einfluſs der Beleuchtung und der individuellen Unterschiede der Diatomeenschalen. Bei der Beurteilung der Proben darf man aber ja nicht vergessen, daß die Beleuchtung bei der Auflösung schwieriger Objekte eine Hauptrolle spielt. Man darf also kein Linsensystem verurteilen, ehe man durch sorgfältigste Einstellung der Beleuchtung und langes Suchen nach dem besten Einfallswinkel die Sicherheit erlangt, daß sein Unvermögen, dieses oder jenes zu zeigen, nicht von mangelhafter Beleuchtung herrühren könne. Es ist ferner wohl zu beachten, daß bei einer und derselben Diatomeenspezies die verschiedenen Individuen oft kolossale Unterschiede für die Schwierigkeit der Auflösung bieten.

Den Optikern ist dies ja schon lange bekannt, und sie wissen sich solche Schalen zu verschaffen, welche auch mittelmäßige Linsensysteme vollkommen zu lösen vermögen. Ein jeder Mikroskopiker muß also seine eigenen Präparate mitnehmen und sollte seine eigene Diatomeenplatte besitzen. Es verdienen die kleinsten Diatomeenplatten von Möller in Wedel (Holstein) die wärmste Empfehlung. Da die Platte immer nur ein Exemplar von jeder Spezies bietet, so kann keine Täuschung durch individuelle Verschiedenheit stattfinden. Man lerne die Hauptarten mit einem guten Instrumente kennen, präge sich deren Aussehen ein und gebrauche keine anderen Testobjekte als die eigenen wohlbekannten.

Die Vergröſserung des Mikroskopes zu bestimmen. Der Begriff der Vergrößerung des Mikroskopes ist nicht so einfach, wie es beim ersten Anblick scheinen möchte. Wird ein $^1/_{100}$ mm im Durchmesser haltender Gegenstand durch den optischen Apparat betrachtet, so fragt es sich vor allen Dingen, was für einen Maßstab wir anzuwenden haben, um die anscheinende Größe desselben auszudrücken. Je nachdem das Maß, mit welchem wir das optische Bild vergleichen, dem Auge näher oder entfernter gestellt wird, gestaltet sich das gesuchte Verhältnis abweichend. Es ist nun übereinstimmend angenommen worden, daß man die scheinbare Größe mit derjenigen eines in der normalen Sehweite liegenden Gegenstandes vergleichen soll, und als normale Sehweite für das emmetropische Auge ist eine Entfernung von 25 cm angenommen worden. Daß diese Zahlen keinen absoluten Wert besitzen können, ist wohl selbstverständlich. Wer aber in jener Entfernung nicht deutlich sieht, der braucht seine Sehweite nur durch passende Gläser zu korrigieren. Um nun die Bestimmung der Vergrößerung eines jeden Systems vorzunehmen, verfährt man folgendermaßen:

Das Bild des durch das Mikroskop gesehenen Objektivmikrometers wird scharf ins Auge gefaßt; das andere Auge bleibt offen und sieht auf ein in 25 cm Entfernung gelegtes Blatt Papier hinab. Nun sucht man eine bestimmte Anzahl Teilstriche aus der Mitte des Sehfeldes mit den Zirkelspitzen zu umfassen, was nur unter der Bedingung gelingen kann, daß man beide Augen ruhig und unbeweglich hält; wie schwierig dies ist und welche Anstrengung es erfordert, weiß jedermann, der den Versuch gemacht hat. Bei der Unsicherheit des Ergebnisses thut man gut, mehrere Messungen vorzunehmen und nur Durchschnittszahlen zu benutzen. Unendlich

leichter ist es, dicht oberhalb des Okulars das kleine Prisma einer Camera oder den kleinen durchbohrten Spiegel der Abbe'schen Camera anzubringen und das Bild des vergrößerten Mikrometers auf ein in 25 cm Entfernung in senkrechter Stellung befestigtes Blatt Papier mittelst des Bleistiftes zu projizieren. Man braucht alsdann nur die Entfernung der gezeichneten Teilstriche mit einem gewöhnlichen Maßstabe abzumessen, um die gewünschte Vergrößerungszahl zu ermitteln. Pohl hat nachgewiesen, daß man sich damit begnügen kann, die Vergrößerungszahlen eines Objektives mit den verschiedenen Okularen und eines Okulars mit den verschiedenen Objektiven zu bestimmen, um die Zahlen für sämtliche Kombinationen durch einfache Berechnung herauszufinden; denn es behält jedes Objektivsystem und jedes Okular stets den gleichen Vergrößerungskoeffizient.

Die optischen Nebenapparate des Mikroskopes. Das Binokularmikroskop. Betrachtet man einen Gegenstand durch das Mikroskop und benutzt abwechselnd die rechte und linke Hälfte des Objektives, indem die andere Hälfte durch eine oben angebrachte Blende abgeschnitten wird, so entstehen zwei verschiedene Bilder. Der nämliche Gegenstand erscheint, als sei er von zwei verschiedenen Standpunkten aus betrachtet. Je stärker die Vergrößerung, je weiter der Öffnungswinkel, desto größer zeigt sich der Unterschied. Könnte man die eine Hälfte dem einen Auge, die andere Hälfte dem anderen Auge zuführen, so müßte offenbar eine stereoskopische Wirkung entstehen. Da nun das Bild umgekehrt wird, so muß offenbar die rechte Hälfte der aus dem Objektiv tretenden Strahlen in das linke Auge gelangen, und umgekehrt die linke Hälfte in das rechte Auge, denn sonst müßte ja ein pseudoskopisches Bild entstehen. Dabei ist es ziemlich gleichgültig, ob man die Trennung dicht oberhalb der oberen Objektivlinse oder an der Stelle, wo das virtuelle Bild zu stande kommt, vornimmt.

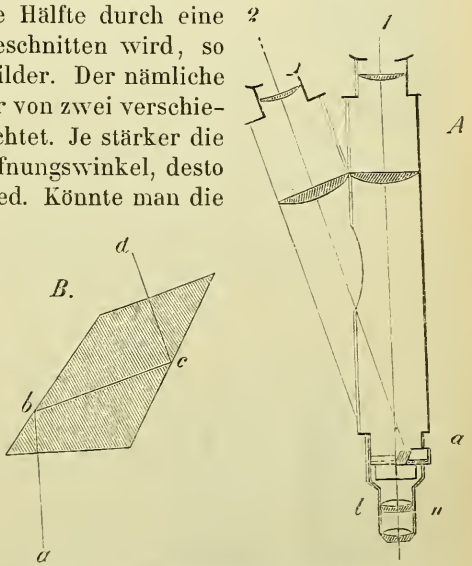


Fig. 45. Schematische Darstellung des englischen Binokulartubus.

Die stereoskopischen Mikroskope haben zuerst in England Beifall gefunden und finden dort eine ausgedehnte Anwendung. Das beigegebene Schema (Fig. 45) soll das Prinzip ihrer Konstruktion versinnlichen.

Die linke Hälfte des Bildes gelangt direkt in das rechte Rohr (1), während die rechte Hälfte durch ein Prisma (*B*) zweimal reflektiert und unter spitzem Winkel in das linke Rohr abgelenkt wird (2). Das linke Auge empfängt ein viel lichtschwächeres Bild als das rechte, weil die Ablenkung und totale Reflexion im Prisma einen erheblichen Lichtverlust nach sich zieht. Die stereoskopische Wirkung kommt aber dennoch zur Geltung.

Bei schwacher Vergrößerung erhält man äußerst plastische, lehr-

reiche Ansichten der Gegenstände, kann aber kein stärkeres Objektivsystem als etwa ein solches von $1^1/_2$ cm Brennweite anwenden. Ein ähnliches, aber komplizierteres System hat Nachet (Fig. 46) für seine größeren Instrumente konstruiert. Das Resultat ist ebenfalls recht gut, kann aber die angegebenen Grenzen auch nicht überschreiten.

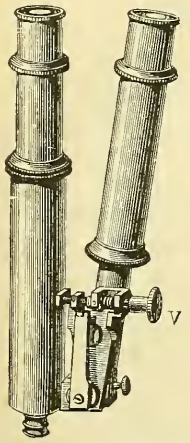


Fig. 46. Binokulartubus zum Auseinandernehmen von Nachet.

Die stereoskopischen Okulare. Der von Hartnack und Prazmowsky zuerst eingeführte Apparat befolgt ein anderes Prinzip. Der Tubus bleibt einfach und die beiden Ansichten werden erst im Okular abgetrennt; es ist dieses also ein stereoskopisches Okular, welches man statt des gewöhnlichen Okulars in das obere Ende des Tubus einschiebt (Fig. 47). Den Gang der Lichtstrahlen mag das angegebene Schema (Fig. 48) zur Anschauung bringen. In neuerer Zeit haben die genannten Firmen ein Y-förmiges, etwas komplizierter gebautes Okular in den Handel gebracht. Bei schwächeren Vergrößerungen ist das Ergebnis recht befriedigend zu nennen. Ein anders gebautes stereoskopisches Okular wurde in neuerer Zeit von Abbe erfunden und bei Zeiss konstruiert.

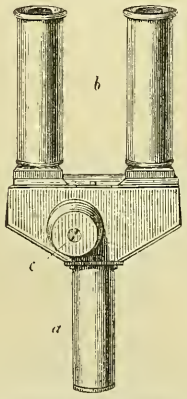


Fig. 47. Das stereoskopische Okular von Hartnack (ältere Form).

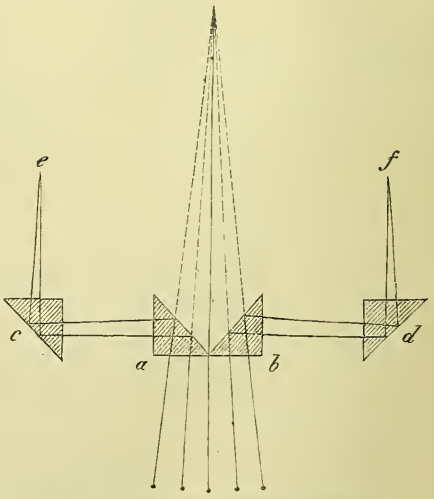


Fig. 48. Schema des Lichtstrahlenganges im stereoskopischen Okular.

Durch partielle Reflexion des ganzen Bildes wird dasselbe in zwei Hälften geteilt und zwei Okularen zugeführt. Da nun die beiden Bilder untereinander gleich sind, so kann die stereoskopische Wirkung nur dadurch entstehen, daß man an beiden Okularen je eine Hälfte des Bildes abblendet, wodurch natürlich ein starker Lichtverlust entstehen muß. Man kann sich übrigens damit begnügen, an dem einen

Okulare die Hälfte der Strahlen abzuschneiden. Das stereoskopische Aussehen kommt erfahrungsmäßig dennoch zu stande. Allein trotz der bequemeren Anwendung des Binokulares geben wir der besseren Resultate wegen dem doppelten Tubus den Vorzug.

Es ist mit Unrecht behauptet worden, daß stärkere Vergrößerungen keine stereoskopische Wirkung hervorbringen könnten. Wir haben den Versuch gemacht, die beiden Ansichten, die man durch Abblendung der einen und der anderen Hälfte des Objektives bei starker Vergrößerung erhält, zu photographieren und im Stereoskope zusammenzustellen. Das Ergebnis war ein übertriebener stereoskopischer Effekt. Es ergiebt sich hieraus, daß man zwar gewisse Vorsichtsmaßregeln treffen muß, um eine körperliche Anschauung bei starker Vergrößerung zu erhalten, daß aber einem solchen Bestreben durchaus keine Unmöglichkeit im Wege steht.

Die Prüfung des stereoskopischen Sehens. Manchen Personen gelingt es nicht, das stereoskopische Bild zu sehen, obwohl sie es gesehen zu haben wähnen. Daß dieses nur zu oft der Fall ist, kann man mit Sicherheit aus dem Urteil entnehmen, das manche Beobachter über die binokulare Vorrichtung gefällt haben. Man prüfe also vor allem das Instrument. Ist das Bild im Tubus scharf eingestellt, so setze man das Okular in den Nebentubus und sehe zu, ob das Bild auch hier scharf eingestellt erscheint. Ist dieses nicht der Fall, so kann der Fehler von einer Unregelmäßigkeit der Prismaflächen oder von Ungleichheit in der Tubuslänge herrühren. Man nehme alsdann ein Objekt, welches das Sehfeld fast ausfüllt, und sehe, ob es auf beiden Seiten gleich zentriert erscheint. Ferner muß man sich Sicherheit verschaffen, daß bei unverrückter Stellung des Kopfes, indem man beide Augen abwechselnd öffnet und schließt und nachdem das Instrument auf die Augenentfernung des Beobachters eingestellt wurde, die beiden Bilder in gleichem Grade sichtbar seien. Zeigt sich in der einen oder anderen Beziehung ein Fehler, so schicke man das Instrument mit Angabe des entdeckten Fehlers sofort dem Fabrikanten zurück. Wer einmal einen schönen stereoskopischen Effekt wirklich gesehen hat, der wird etwaige Fehler sofort auf ihre Ursache zurückzuführen suchen.

Vom Nutzen stereoskopischer Mikroskope. Es bleibt uns nunmehr übrig, die Frage nach dem Nutzen des stereoskopischen Mikroskopes zu erörtern. Daß von solchen optischen Hilfsmitteln keine wissenschaftlichen Errungenschaften zu erwarten stehen, geben wir gerne zu, aber wir können sie nicht als bedeutungslos verwerfen, wenn das Verständnis der mikroskopischen Bilder leichter und in kürzerer Zeit erzielt wird. Daß dies aber z. B. bei der Untersuchung ganzer Organe oder Embryonen wirklich der Fall ist, wird ein jeder zugeben, der mit einem englischen Doppeltubus gearbeitet hat. Ob und inwiefern es dem Optiker gelingen wird, ähnliche Hilfsmittel auch für stärkere Vergrößerungen anwendbar zu machen, geben wir der Zukunft anheim.

Die spektroskopischen Vorrichtungen werden auf zweierlei Art beim Mikroskop verwendet, einmal als Mikrospektralokulare und zweitens als

Mikrospektralobjektive. Zweck der ersteren ist Analyse des von farbigen Objekten ausgehenden Lichtes, Zweck der letzteren Untersuchung mikroskopischer Gegenstände in einem objektiven, in die Ebene des Objekts projizierten Spektrum.

Das Spektralokular. Den ersten Zweck erreicht das Sorby-Browningsche Okular, welches auf dem Kontinente Seibert und Krafft unter anderen konstruieren (Fig. 49). Seitlich trägt dasselbe einen Meßapparat und einen Spiegel, welcher dazu bestimmt ist, einen Lichtstrahl direkt eintreten zu lassen. Nachdem letzterer in der Achse des Okulars reflektiert wurde, bildet er ein Normalspektrum, welches zum Vergleich mit dem Absorptionsspektrum der durch das Mikroskop auftretenden Strahlen dienen soll. Zeiss-Abbe haben eine Wellenlängenskala oben angebracht, welche unmittelbar die Wellenlänge an der beobachteten Stelle des Spektrums abzulesen gestattet. Die Anwendung ist freilich eine sehr beschränkte, da man nur selten solche Substanzen zu studieren hat, die man nicht in genügender Menge haben kann, um sie mit einem gewöhnlichen Spektroskop zu beobachten.

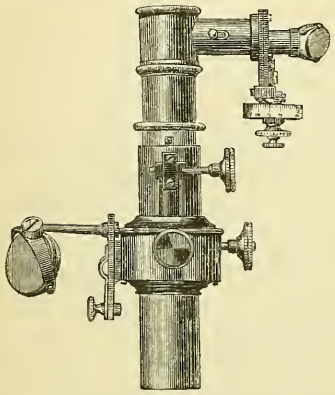


Fig. 49. Seibert und Krafft's Spektralokular.

Die meisten tierischen Substanzen sind farblos und haben erst in den ultravioletten Strahlen ein bestimmtes Lichtabsorptionsvermögen (L. Soret), welches man allerdings durch ein fluoreszierendes Okular zur Wahrnehmung bringen kann. Eine dünne Schicht einer Äskulinlösung, an der Stelle des virtuellen Bildes eingetragen, läßt die ultravioletten Linien recht deutlich erscheinen. Leider wird das ganze ultraviolette Spektrum durch Glas und Canadabalsam abgeschnitten; man könnte jene oben genannte Eigenschaft mancher organischen farblosen Stoffe nur unter der Bedingung zur optischen Analyse gebrauchen, daß das ganze Linsensystem durch Quarz- und Flußspathlinsen ohne Canadabalsam ersetzt würde, — eine etwas gar zu hohe Anforderung. Es sei noch bemerkt, daß das Objekt zwar im allgemeinen scharf eingestellt werden soll, daß man aber für nicht homogene Objekte, wie z. B. zerstreute Farbstoffkörnchen, bessere Resultate erzielt, wenn das Präparat nicht direkt im Fokus des Mikroskopes, sondern etwas ober- oder unterhalb desselben eingestellt wird.

Beleuchtungsapparat mit Zerstreuungsprismen. Die zweite Form des Mikrospektroskopes stellt das von Zeiss nach Dippel's Angabe konstruierte Instrument dar, dessen mittlerer Teil nach Entfernung des Polarisationsapparates (Fig. 50) unterhalb des Mikroskoptisches angebracht wird. Dieselbe Vorrichtung dient auch zur Beleuchtung mit monochromatischem Lichte, wozu auch ein älteres Instrument Hartnack's bestimmt war. Rollet hat an gleicher Stelle ein Prisma »à vision directe« nebst konzentrierenden Linsen angebracht und erzielt ebenfalls ein kleines auf das Objekt projiziertes Spektrum.

Zu gleicher Zeit hat auch Th. W. Engelmann ein weiter vervollkommnetes Mikrospektralobjektiv beschrieben und bei Zeiss konstruieren lassen, welches mit einem bilateral beweglichen Spalte versehen ist und die Lichtstärken genau meßbar zu variiren gestattet, die Größe des Spektrums, seine Lage im Gesichtsfelde und seine Breite beliebig ändern läßt. Manche wichtigen Probleme können von dieser quantitativen Spektralanalyse eine Lösung erwarten.

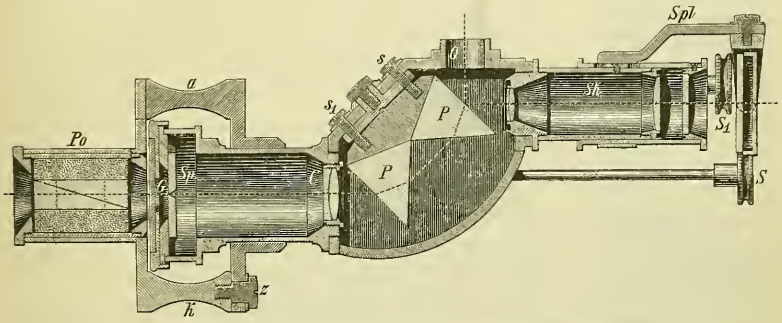


Fig. 50. Dippel's Beleuchtungsapparat mit Zerstreuungsprismen.

Die Bedeutung der Polarisationserscheinungen. Das Studium der Polarisationserscheinungen mineralogischer Präparate hat die wichtigsten Aufschlüsse über die innere Zusammensetzung jener Körper ergeben. Für tierische Substanzen und Organe sind die hohen Erwartungen, die man von dieser Untersuchungsmethode hegte, nur zum Teil in Erfüllung gegangen. Nur allzu oft haben sich diese Erscheinungen als von Nebenumständen abhängig und dem inneren Wesen der Organe durchaus fremd erwiesen. Die äußerste Vorsicht in der Beurteilung, ein planmäßiges Vorgehen und eine streng physikalische Analyse der Erscheinungen sind zur Ausnutzung dieser Untersuchungsmethode unumgänglich notwendig. Wer sich dieser Richtung ganz hingiebt, der kann von derselben die wichtigsten Aufschlüsse über den feinsten Bau der Elementarteilchen und namentlich der Muskelstruktur erwarten, wie es die Arbeiten v. Ebner's und Th. W. Engelmann's zur genüge beweisen. Als bloßes Hilfsmittel der gewöhnlichen histologischen Arbeit kann das polarisierte Licht in bestimmten Fällen das Studium erleichtern, namentlich bei der Untersuchung erkrankter Gewebe; zumal an Rückenmarksquerschnitten erscheinen die affizierten Gewebspartien von der normalen, das Nerven- vom Bindegewebe auf den ersten Blick verschieden.

Das Prinzip der Polarisationsapparate. Den Ausgangspunkt des ganzen Apparates bildet ein Nicol'sches Prisma, welches aus den Krystallen des isländischen Spates durch Abschleifen der Endflächen und Zusammenkleben zweier Krystalle derartig hergestellt wird, daß ein eintretender Lichtstrahl zunächst in zwei senkrecht zu einander polarisierte zerlegt wird: einen »ordentlichen«, welcher abgeschnitten wird, und

einen »außerordentlichen«, den das Prisma durchläßt. Trifft dieser polarisierte Lichtstrahl auf ein zweites Nicol'sches Prisma, so wird er durchgelassen, vorausgesetzt, daß die entsprechenden Polarisationsebenen beider Prismen gleiche Lage haben; sind dagegen beide senkrecht zu einander gedreht, so wird der Strahl gänzlich abgeschnitten und es entsteht Dunkelheit. Das zuerst vom Lichte getroffene Prisma nennt man Polarisator, das zweite Analysator. Wenn man nun die Prismen in senkrechte Lage zu einander bringt und dann zwischen beide einen doppelt brechenden Körper einschiebt, so erscheint derselbe im allgemeinen hell (weiß oder farbig) auf dunklem Grunde. Die Deutlichkeit des Bildes läßt sich zuweilen noch dadurch erhöhen, daß man ein dünnes Gypsblättchen zwischen Polarisator und Objekt einschaltet. Für sich allein giebt das Gypsblättchen, als doppeltbrechender Körper bei gekreuzten Nicols, eine gleichförmige Färbung, deren Ton von der Dicke und Orientierung des Blättchens abhängig ist. In der Regel wählt man solche Platten, welche das sogenannte Rot erster oder zweiter Ordnung ergeben. Auf diesem gleichförmig gefärbten Felde erscheint der doppeltbrechende Gegenstand im allgemeinen mit anderer Farbe.

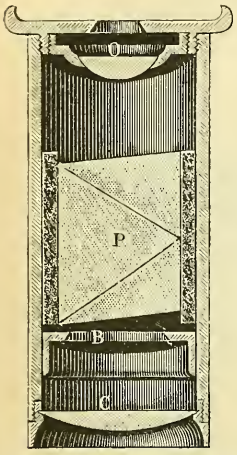


Fig. 51. Okular mit Analysator.

Die Untersuchung im polarisierten Lichte. Bei der Untersuchung im polarisierten Lichte handelt es sich doch meistens um die Lösung der Frage, ob das Objekt einfach- oder doppeltbrechend sei. Nicht bei jeder Lage des Gegenstandes ist die Antwort möglich. Hat man aber Doppelbrechung konstatiert, so entstehen die weiteren Fragen, ob die Doppelbrechung der Struktur des Objektes innewohnt, oder ob sie nicht vielmehr von lokalen Druckverhältnissen abhängt, welche durch die Präparationsmethode entstanden sind und durchaus kein Interesse bieten; im ersteren Falle ferner, ob die Doppelbrechung ein- oder zweiachsig ist u. s. w.

Das Polarisationsmikroskop. Handelt es sich um größere Stative, so kann man den Polarisationsapparat ohne weiteres in einfachster Weise anbringen, indem man den Polarisator unterhalb des Tisches an der Stelle des Konzentrators einschiebt; das gewöhnliche Okular wird durch ein solches ersetzt, worin ein zweites Prisma die Rolle des Analysators spielt. Es ist recht wünschenswert, daß das Instrument mit einem drehbaren Tische versehen sei, um das Präparat drehen zu können; ist dies nicht der Fall, so kann man sich mit dem Rotieren des Polarisators schlechtweg begnügen. Mit dieser einfachen Vorrichtung und ein paar Gypsblättchen reicht man für biologische Zwecke vollkommen aus. Für Mineralogen

sind besondere ziemlich komplizierte Polarisationsmikroskope erfunden worden, auf die wir nicht näher einzugehen brauchen.

Das Polarispektromikroskop. Neuerdings hat man auch den Spektral- und Polarisationsapparat mit einander kombiniert. Beim Rollett'schen von Schmidt und Hänsch in Berlin ausgeführten Apparate kommt der Polarisator unterhalb des zerstreuenden Prismas, der Analysator oberhalb des Okulars zu stehen. Sind beide Nikol'sche Prismen rechtwinklig zu einander gestellt, und die Gypsplatte derart gerichtet, daß ihre Polarisationsebene mit derjenigen der beiden Prismen einen Winkel von 45° bildet, so zeigt das in der Ebene projizierte Spektrum einen dunklen Interferenzstreifen in der Gegend, welche der Fraunhofer'schen Linie *E* entspricht und der sich nach der Dicke des Gypsplättchens von *E* mehr oder weniger gegen *F* oder *D* hin entfernt. Wird nun das Objekt innerhalb des dunklen Interferenzstreifens eingestellt, so wirkt es wie Verdünnung oder Verdickung der Gypsplatte, je nachdem die Polarisationsebene mit der des Gypses übereinstimmt oder nicht. Verschiebt man das Spektrum, so zeigt sich gegen das rote Ende hin eine Stelle, wo das wie eine Verdickung der Gypsplatte wirkende Objekt dunkel auf hellem Grunde erscheint, und gegen das violette Ende hin eine andere Stelle, in welcher das wie eine Verdünnung wirkende Objekt die nämliche Erscheinung hervorruft.

Etwas größer und komplizierter, aber auch in der Wirkung vollkommener, ist der von Zeiss nach Dippel konstruierte polarispektroskopische Beleuchtungsapparat (Fig. 50). An die Stelle des Prismas »à vision directe« sind hier gewöhnliche Prismen getreten, deren Wirkung mehrere Vorzüge hat. Das Spektrum wird in der Ebene des Präparates durch ein Objektivsystem projiziert. Prinzip und Anwendung sind aber die gleichen wie beim Rollett'schen Instrumente.

Es würde uns zu weit führen, dieses Thema erschöpfend zu behandeln; es sei daher des Näheren auf die ausführlichen Behandlungen des Gegenstandes bei Nägeli und Schwendener und bei Dippel hingewiesen (s. das Litteraturverzeichnis).

Litteratur.

Abbe, E., Beiträge zur Theorie des Mikroskops. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 9. S. 413. 1873. — Nägeli, C., und S. Schwendener, Das Mikroskop. 2. Aufl. 8°. 679 S. 302 Figg. Leipzig, Engelmann 1877. — Pelletan, J., Etude sur les Microscopes étrangers. 1. Bd. 8°. Paris, Masson 1878. — Pelletan, J., Le Microscope, son emploi et ses applications. 1. Bd. 8°. 780 S. 278 Figg. 4 Taf. Paris, Masson. — Beale, L. S., How to work with the Microscope. 5. Aufl. 1. Bd. 8°. 270 S. 250 Figg. und Taf. London, Harrison 1879. — Abbe, E., Über Stephenson's System der homogenen Immersion. Sitzgsber. Jen. Ges. f. Naturw. u. Med. Januar 1879. — Dippel, L., Einige weitere Flüssigkeiten für homogene Immersion. Zeitschr. f. Mikroskopie. S. 58. 1879. — Stephenson, J. W., The vertical illuminator and homogenous Immersion. Journ. R. Micr. Soc. Bd. 2. S. 266. 1879. — Abbe, E.,

Über ein stereoskopisches Okular. Sitzungsber. Jen. Ges. f. Naturw. u. Med. S. 109. 1879. — Dippel, L., Beiträge zur allgemeinen Mikroskopie. Abbe's Apertometer. Zeitschr. f. Mikroskopie. S. 25. 1879. — Engelmann, Th. W., Neue Untersuch. üb. d. mikrosk. Vorg. bei der Muskelkontraktion. Mit 1 Taf. Utrecht. — Engelmann, Th. W., Mikrometrische Untersuchungen an kontrahierten Muskelfasern. (Dunkelkasten.) Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 23. S. 571. 1880. — Thanhoffer, L. v., Das Mikroskop und seine Anwendung. 1. Bd. 8°. 236 S. 82 Figg. Stuttgart, Enke 1880. — Pelletan, J., Condensateur hémisphérique à immersion de E. Gundlach. Journ. de Micrograph. Jahrg. IV. S. 21. 1880. — Woodward, J. J., Advantages of the binocular microscope. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. 3. S. 874. 1880. — Gibbes, H., On the use of the Wenham binoculars for high powers. Quart. Journ. Micr. Sc. S. 318. 1880. — Bragdon, A. A., Fluid for homogenous-immersion objectives. Journ. R. Micr. Soc. Bd. 3. S. 1051. 1881. — Basset, Ch. A., New homogenous-immersion fluid. Journ. R. Micr. Soc. Bd. I. S. 123 und 942. 1881. — Van Heurck, H., Note sur les Objectifs à immersion homogène, formules de nouveaux liquides. Proc. Verb. Soc. Belge de Microsc. 25. Novbre 1881. — Wälchli, G., Mikrospektroskop. Untersuchungen der gefärbten Kugeln in d. Retina von Vögeln. Gräfe's Arch. f. Ophthalmol. Jahrg. 27. S. 303. 1881. — Rollet, A., Über ein Polari-Spektromikroskop. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. Bd. 1. S. 366. 1881. — Murray, C., Polarizing Apparatus. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. 1. S. 302. 1881. — Sorby's Binocular Stereoscope. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. I. S. 822. 1881. — Abbe, E., Über die Bedingungen des stereoskopischen Sehwinkels. Zeitschr. f. Mikroskopie. Bd. II. S. 207. 1881. — Dippel, L., Das Mikroskop und seine Anwendung. 2. Aufl. 1. Teil. (sow. ersch.) 336 S. 189 Figg. Braunschweig, Vieweg 1882-83. — Abbe, E., The Relation of Aperture and Power in the Microscope. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. II. S. 300 u. 460. 1882. — Flesch, M., Einfache Vorrichtung zum Wiederauffinden wichtiger Stellen in mikroskop. Präparaten. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 20. S. 502. 1882. — Dippel, L., Abbe's Spektro-Polarisator. Bot. Centralblatt. Bd. 12. S. 284. 1882. — Engelmann, Th. W., Bacterium photometricum. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 30. S. 95. 1882. — Bachmann, O., Unsere modernen Mikroskope. 8°. 340 S. 175 Figg. München, Oldenbourg 1883. — Abbe, E., The Relation of Aperture and Power in the Microscope. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. 3. S. 790. 1883. — Crisp, Fr., On Optical Tube-length. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. 3. S. 816. 1883. — Stein, S. Th., Sonnenlicht und künstliche Lichtquellen in ihrer Bedeutung für wissenschaftliche Arbeiten. 1. Bd. 8°. 167 Figg. 2 Taf. Halle, Knapp 1884. — Engelmann, Th. W., Unters. üb. d. quantit. Bez. zw. Absorption des Lichtes und Assimilation. (Mikrospektralphotometer.) Botan. Zeitung Nr. 6 und 7. 1884.

Vierter Abschnitt.

Das Abbildungsverfahren.

Das Messen. Das direkte Messen. Die Größenverhältnisse eines makroskopischen Gegenstandes kann man mit dem Zirkel aufnehmen und auf einem Maßstabe ablesen; oder aber man benutzt einen Maßstab mit Schieber, welcher sowohl die äußeren Dimensionen als den Durchmesser innerer Höhlen abzulesen gestattet. Man wiederhole die Operation mehrere Male und nehme das Mittel aus den gefundenen Einzelwerten. Vor allen Dingen hüte man sich davor, das Maß auf einem

oberhalb oder unterhalb des Objektes gelegten Maßstab, falls das Objekt irgend welche Dicke besitzt, mit bloßem Auge ablesen zu wollen; in solchem Falle ist der Gebrauch eines stets senkrecht zum Objekt bleibenden Visierapparates durchaus nötig.

Das optische Messen. Ist der Gegenstand klein genug, um durch das zusammengesetzte Mikroskop überblickt werden zu können, so gestaltet sich das Messen höchst einfach. Bei allen Mikroskopfabrikanten erhält man sogenannte Mikrometerokulare, die eine auf Glas eingeritzte Skala zwischen den beiden Linsen des Okulars enthalten. Die Entfernung der Skala von der oberen Okularlinse muß derart sein, daß das beobachtende Auge gleichzeitig ein scharfes vergrößertes Bild von der Skala und vom Objekte empfängt. Es ist nun ein leichtes, die gewünschten Dimensionen nach der Okulareinteilung abzulesen. Es haben aber die Teilstriche des Okularmikrometers durchaus keinen absoluten Wert; sie hängen vielmehr von der Vergrößerung der Objektivlinse ab. Hat man nun das Objekt abgemessen, so muß noch der absolute Wert des angewandten Maßstabes festgestellt werden. Es geschieht dies am einfachsten dadurch, daß man einen Maßstab statt des Objektes unter das Mikroskop legt. Für starke und mittelstarke Vergrößerungen wird ein sogenannter Objektivmikrometer dazu gebraucht, ein auf Glas eingeritzter, in Hundertstel oder Tausendtel geteilter Millimetermaßstab. Die Einteilung ist meistens auf der oberen Fläche eines Objektträgers angebracht. Für homogene Immersionslinsen ist eine solche Skala nicht zu gebrauchen, weil die Linien im Öle gänzlich verschwinden; man wähle lieber eine auf der unteren Fläche eines dünnen Deckglases angebrachte Einteilung. Ist das mit dem Mikrometerokular versehene Mikroskop auf den Objektivmikrometer genau eingestellt, so kann man den Wert der Okulareinteilung mit Leichtigkeit feststellen.

Diese Operation wird an den verschiedenen Objektivsystemen vorgenommen und die gefundenen Werte werden auf einer Tabelle zusammengestellt. Den Objektivmikrometer kann man alsdann entbehren, vorausgesetzt, daß alle Maßbestimmungen bei gleicher Tubuslänge vorgenommen werden; denn ein kleiner Unterschied im Abstande des Okulars von der Objektivlinse genügt, um den Wert der Okulareinteilung zu ändern. Der Nichtbeachtung dieses Umstandes sind Irrtümer zuzuschreiben; es ist daher sicherer, jedesmal den Objektivmikrometer wieder zu Rate zu ziehen, um die Tabellenzahl zu kontrollieren.

Die Maßeinheit für mikroskopische Zwecke. Als Maßeinheit für mikroskopische Größenverhältnisse ist von Harting der tausendste Teil eines Millimeters eingeführt und durch den griechischen Buchstaben μ bezeichnet worden. Dieser Vorschlag hat allgemeinen Beifall gefunden und man bedient sich dieser Maßeinheit unter dem Namen Mikromillimeter oder Mikron. Wir geben der kürzeren, richtiger gebildeten und zu Verwechslungen weniger Anlaß gebenden Bezeichnung Mikron mit Entschiedenheit den Vorzug.

Das Zeichnen. Handelt es sich bei der Abbildung um künstlerische Darstellung, so geschieht das Zeichnen in der Regel aus freier Hand, ohne

Hilfsapparate; denn es kommt ja in diesem Falle nicht auf mathematische Genauigkeit an; letztere soll vielmehr zu gunsten der Wiedergabe des subjektiven Eindrucks geopfert werden. Ganz entgegengesetzt verhält es sich bei wissenschaftlichen Zeichnungen, wo das Haupterfordernis gerade in der peinlichsten Genauigkeit besteht. Die optischen Hilfsmittel gewinnen hier die größte Wichtigkeit, während Handzeichnungen in den Hintergrund zurückgedrängt werden.

Das quadrierte Okularmikrometer. Zu den einfachsten und, wo es sich um das Zeichnen lebendiger beweglicher Tiere handelt, zu den praktischten Hilfsmitteln gehört der in Quadrate eingeteilte Okularmikrometer. Man sieht den Gegenstand durch die rechtwinkeligen Liniensysteme wie eine Landkarte mit den Längen- und Breitegraden vor sich und das Kopieren desselben auf ein quadratisch liniertes Blatt Papier, wie solches in allen Papierhandlungen zu haben ist, erfordert keine besondere Übung. Das Messen und Zeichnen wird in ein und derselben Operation ausgeführt. Es findet der Apparat auch noch sonst manche Verwendung, z. B. beim Abzählen der Blutkörperchen.

Die Camera lucida. Der praktischte und am meisten gebrauchte Zeichenapparat ist aber die Camera lucida, von der zahlreiche Formen erfunden sind. Wie verschieden diese auch erscheinen mögen, so beruhen alle doch wesentlich auf demselben Prinzip, daß sie Objekt und Papier gleichzeitig durch das nämliche Auge sehen lassen. Das Bild wird nämlich durch ein Spiegelchen oder durch ein kleines Prisma in das Auge reflektiert, jedoch so, daß die reflektierende Fläche noch direkte Strahlen durchläßt, oder aber daß die reflektierten Strahlen nur die eine Hälfte der Pupillenöffnung in Anspruch nehmen. Bei letzterer Vorrichtung, welche heutzutage fast ausschließlich zur Verwendung kommt, läßt die freie Hälfte der Pupille eine senkrecht zum Bilde gestellte Fläche erblicken, auf welcher ersteres projiziert erscheint. Die Konturen des gesehenen Bildes lassen sich leicht mit der Bleistiftspitze verfolgen und man erhält dadurch eine mit mathematischer Genauigkeit ausgeführte Zeichnung. In der praktischen Ausführung dieses Prinzipes sind nun zwei verschiedene Wege eingeschlagen worden, wonach man sämtliche helle Kammern in zwei Gruppen einteilen kann. Bei der einen Gruppe sieht das Auge direkt auf die Papierfläche herab, während das mikroskopische Bild eine Reflexion erleidet; bei der zweiten gelangt das mikroskopische Bild direkt in das Auge, während Stift und Papier erst durch Spiegelung sichtbar werden.

Die Kammern, welche das mikroskopische Bild reflektieren. In die erste Kategorie gehört vor allen die älteste und einfachste, aber keineswegs schlechteste Camera, die von Wollaston. Sie besteht aus einem einfachen Prisma, welches man dem horizontal gestellten Mikroskope derartig aufsetzt, daß die Hypotenusenfläche schräg nach unten und vom Beschauer abgewendet ist. Statt des Prismas kann man nach Sömmering dem Okular ein um 45° geneigtes Metallspiegelchen vorsetzen.

Bei beiden geht das Zeichnen sehr leicht von statten und läßt an Richtigkeit nichts zu wünschen; allein es besitzt nicht ein jeder ein horizontal stellbares Mikroskop und viele Objekte lassen sich nicht vertikal stellen, z. B. solche, die in einer Flüssigkeit schweben. Dem wurde dadurch abgeholfen, daß man einen rechtwinklig gebogenen Tubus einführte (Fig. 52), welcher die vom Objektive aufsteigenden Strahlen

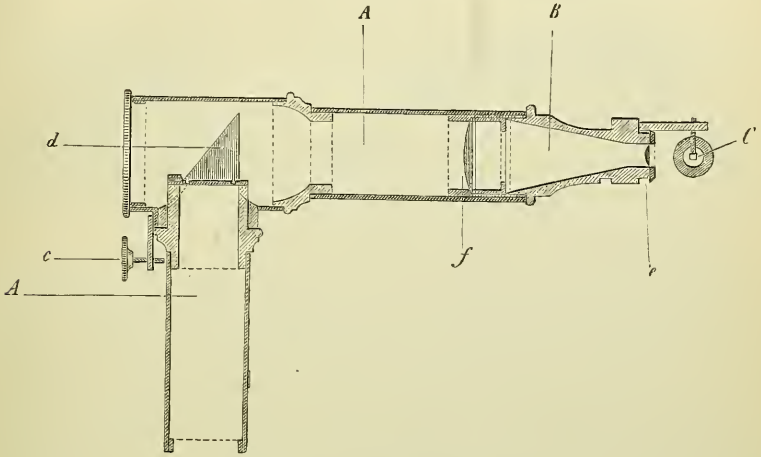


Fig. 52. Die Oberhäuser'sche Camera.

durch ein großes Prisma (*d*) in den horizontalen Arm (*A*) total reflektieren läßt. Ein horizontal gestelltes Okular (*B*) wirft die Strahlen in das kleine Prisma (*C*, auf der Figur um 45° von der richtigen Stellung ab gedreht), wo es von neuem um einen rechten Winkel in das herabschauende Auge reflektiert wird. Diese von Oberhäuser eingeführte Camera ist sehr beliebt, denn es erleidet das stets rechtwinklig reflektierte und auf das horizontal gelegte Papier projizierte Bild keinerlei Verzerrung. Die ganze Camera wird an der Stelle des Okulars im oberen Ende des Tubus ohne Mühe und Zeitverlust aufgesetzt. Leider verliert das zweimal reflektierte mikroskopische Bild so sehr an Schärfe und namentlich an Lichtstärke, daß man zumal bei stärksten Vergrößerungen oder bei auffallendem Lichte nur die Hauptkonturen entwerfen kann.

Die Kammern, welche das Papierbild reflektieren. An diesem Übelstande leiden die der zweiten Kategorie angehörenden Kammern viel weniger, denn es wird das direkt gesehene mikroskopische Bild nur durch den Umstand abgeschwächt, daß es entweder bloß die Hälfte der Pupillenöffnung einnehmen darf, oder aber nur eine partielle Reflexion erleidet. Freilich müssen dafür Papier und Bleistift minder hell erscheinen, weil die von der Papierfläche ausgehenden Strahlen eine doppelte Reflexion erleiden; es ist aber stets ein leichtes, das auf die Zeichnung fallende Licht zu regulieren. In diese Kategorie gehören die

Nobert'schen Kammern. Bei denselben ist ein kleines, um 45° geneigtes Glasplättchen oberhalb des Okulares angebracht; die Zeichnung wird durch ein großes gleichschenkliges Prisma an das Gläschen reflektiert und das Auge erblickt nun zu gleicher Zeit das mikroskopische Bild durch das dünne Glas hindurch und das an der Oberfläche des Glases teilweise reflektierte Bild der Zeichnung. Da nun aber das Gläschen stets zwei Flächen aufweist, so entstehen zwei nebeneinander liegende Bilder, die nur Verwirrung hervorrufen können. Etwas besser ist die von Milne Edwards und Doyère angenommene Vorrichtung. An die Stelle des schief gestellten Glasplättchens tritt hier ein kleines dreischenkliges Prisma. Ähnlich wirkt auch die Camera von Nachet. Seibert's Zeichenapparat weicht von den vorigen nur dadurch ab, daß das große Prisma durch einen Glasspiegel, das kleine durch ein geneigtes Spiegelchen ersetzt wird, an welchem der Silberbeleg an einer Stelle abgekratzt ist, um das mikroskopische Bild durchblicken zu lassen.

Sämtliche angeführte Kammern leiden an dem großen Übelstande, daß der reflektierende Apparat, sei es ein Prisma oder ein Spiegel, dem Rande des Okulares ganz nahe steht, anstatt oberhalb der Mitte der Zeichnung senkrecht fixiert zu sein. Daher kann die reflektierende Fläche nicht mehr die Neigung von 45° behalten, sondern muß vielmehr schief gestellt werden, um das Bild des seitlich liegenden Papiers horizontal zu entwerfen. Das Bild wird also nicht senkrecht, sondern in schiefer Richtung projiziert, und es entsteht hierdurch eine äußerst starke Verzerrung. Um diese zu berichtigen, ist man genötigt, das Papier auf eine schiefe Ebene zu legen, die man möglichst parallel zu der unteren Fläche des großen Prismas aufstellt. Etwas Verzerrung bleibt dabei zwar doch noch bestehen, weil die reflektierenden Flächen der beiden Prismen nicht mehr parallel zu einander stehen.

Anstatt das Papier auf einem geneigten Brette zu befestigen, kann man auch das Mikroskop neigen, wenn dasselbe stellbar ist, und das Papier auf dem Tische flach aufliegen lassen. Gleichviel ob man die eine oder die andere Methode anwendet, muß man sich vor Beginn der Zeichnung vergewissern, daß die Achse des reflektierten Bildes senkrecht zu der Papierfläche sei. Dieses läßt sich am einfachsten dadurch erreichen, daß man einen punktförmigen Gegenstand in die Mitte des Gesichtsfeldes des Mikroskopes bringt, ein Winkelholz auf die Papierfläche aufrecht stellt und nun die Neigung der Papierfläche so lange verändert, bis man die senkrecht stehende Seite des Winkelholzes der ganzen Länge nach in der Mitte des Bildes visieren kann.

Die Abbe'sche Camera. Etwas besser in dieser Beziehung, aber noch lange nicht fehlerfrei, ist die Abbe'sche, von Zeiss in Jena konstruierte Camera (Fig. 53). Die spiegelnde, an einer Stelle durchbrochene Metallfläche ist zwischen zwei gleichschenkligen zusammengeklebten Prismen eingeschaltet, so daß das Ganze die Gestalt eines Würfels annimmt, welcher von einem um 45° geneigten Spiegel durchsetzt erscheint. Dieser Kubus wird dem Okulare aufgesetzt und läßt das mikroskopische Bild ohne Ablenkung durchtreten. Der Spiegelfläche des Würfels wird das Bild des Papieres durch einen zweiten gewöhnlichen, an einem horizontalen Arme befestigten Spiegel zugeführt. Wenn nun dieser Arm lang genug wäre, um den Spiegel lotrecht oberhalb der Mitte der Zeichnung bei einer Neigung von 45° gebrauchen zu können, so würde diese Camera allen oben gestellten Anforderungen entsprechen und vor allen anderen den Vorzug verdienen.

Leider hat jedoch das heutige Zeiss'sche Modell einen zu kurzen Arm; der Spiegel muß um mehr als 45° geneigt werden, und infolge dessen entsteht eine Verzeichnung. Wir hoffen, daß dem vollkommen richtigen Prinzip der Abbe'schen Camera in der Zukunft auch eine vollkommenere Ausführung zu teil werden möge.

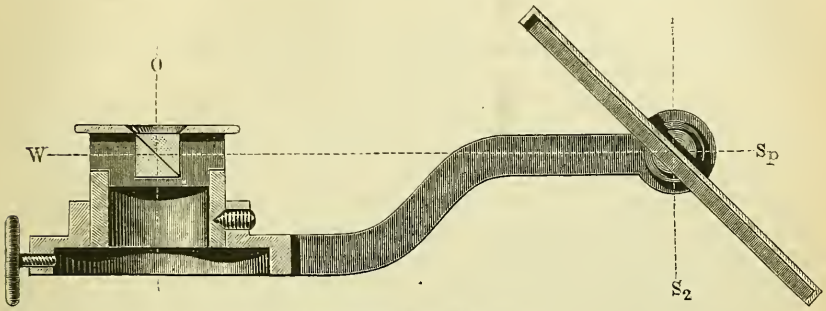


Fig. 53. Die Abbe'sche Camera.

Der Gebrauch der Camera. Welche Kammer man auch in Gebrauch nehme, so muß vor allen Dingen darauf gesehen werden, daß die Beleuchtung des Gegenstandes und der Papierfläche eine gleichwertige sei, d. h. daß keine dem Auge heller erscheine als die andere. In der ungleichen Beleuchtung liegt eine der Hauptschwierigkeiten, mit welchen der Unerfahrene zu kämpfen hat. Es sei ferner ganz besonders darauf geachtet, daß die Papierfläche senkrecht zu einem durch die Mitte des Bildes gehenden Lichtstrahle liege; ist diese Grundbedingung nicht erfüllt, wie es leider nur zu oft der Fall ist, so dient die Camera nur dazu, den Zeichner irre zu führen und ihn zu Abbildungen zu verleiten, die den einfach ohne Hilfsapparat hergestellten an Richtigkeit weit nachstehen. Wer also mit einer Milne-Edwards'schen, Nobert'schen oder Seibert'schen Camera seine Umrisse entwirft, der versehe sich mit einem stellbaren Pulte und kontrolliere jedesmal die Neigung der Fläche, auf die das Papier zu liegen kommt.

Die Ausführung der Zeichnung. Zum Zeichnen wähle man das beste stark geleimte Papier, womöglich das dicke Bristolpapier oder Bristol board, und zwar stets die feinkörnigen glatten Sorten. Zunächst werden die Umrisse mit fein gespitztem weichem Stifte leicht aufgetragen; hierauf entferne man die Kammer, wische den Umriß mit Brotkrume so weit aus, daß man die Linien noch deutlich unterscheiden kann, und fahre dann mit einem harten Stifte nochmals über die Umrißlinien, das Objekt stets mit der Zeichnung vergleichend und etwaige Unregelmäßigkeiten oder Zufälligkeiten des ersten Umrisses auslassend. Wird diese zweite Operation mit Nachlässigkeit ausgeführt, so kann die fertige Zeichnung niemals befriedigend ausfallen; ein richtiger, scharf und elegant gezeichneter Umriß muß jeder guten Zeichnung zu grunde liegen und erleichtert die nachfolgende Arbeit ganz bedeutend.

Jetzt ist es Zeit, die Schatten, wo solche anzubringen sind, hinein-

zuzeichnen. Es kann dieses entweder mit Stift und Wischer geschehen, was jedoch schon einige Übung erfordert, oder aber mit Pinsel und Tusche. Abgestufte Schatten, wie sie sich z. B. am optischen Querschnitte von Kugelflächen zeigen, sind leicht mit Tusche auszuführen, indem man den Umriß mit einem feinen Haarpinsel verfolgt und den Strich sofort mit einem etwas größeren, mit Wasser benetzten und leicht ausgedrückten Pinsel nach einer Seite hin ausbreitet.

Vor dem Auftragen der Farbe wische man stets den mit Tusche behafteten Pinsel an einem Blatt Papier etwas ab, um etwaige Staubteilchen und Unreinlichkeiten zu entfernen. Nachdem nun die Schattierung so weit ausgeführt ist, wird das feinere Detail mit Stift und, wo nötig, mit dem feinen Pinsel eingetragen, wobei die richtige Wahl verschieden harter Bleistifte die schönsten Effekte hervorruft. Daß man bei den geringen Ausgaben für Stifte, Tusche und Pinsel nicht sparen soll, ist wohl selbstverständlich. Die Faber'schen Bleistifte aus sibirischem Graphit und die englischen Marderpinsel entsprechen den Anforderungen am besten. Was die Tusche anbetrifft, so fällt die Wahl ungleich schwieriger; da aber ein Stück Tusche für das Leben eines Zeichners ausreicht, so sei man in dieser Beziehung äußerst wählerisch und sehe nicht auf die Ausgabe; für 20 bis 60 Mark kann man schon wirklich echte Tusche von schöner Qualität erhalten.

Das Malen. Soll das Bild in Farben ausgeführt werden, so kommen für unsere Zwecke nur die Wasserfarben in betracht. In diesem Falle ist es ratsam, die ungefärbten Partieen mit schwarzen Schatten zu versehen. An den farbigen Stellen dagegen sollen die Schatten ebenfalls durch die Farbe ihren Ausdruck finden. Ein schwarzer Schatten auf farbigem Grunde macht stets einen unangenehmen Eindruck und entspricht auch nicht dem natürlichen Aussehen.

Zeichnungen auf schwarzem Hintergrunde. Weiße Zeichnungen auf schwarzem Grunde lassen sich auf zweierlei Art herstellen. Entweder reserviert man das Weiße des Papieres und bearbeitetet den Grund, am besten wohl mit »Crayons Comté«, bis ein samtartiger, gleichmäßig schwarzer Ton entstanden ist, oder aber man nimmt ein besonders zu diesem Zwecke hergestelltes und im Handel vorkommendes schwarzes Papier, an welchem man nur die schwarze Oberfläche wegzukratzen hat, um die darunter liegende aus Bleiweiß bestehende Schicht zum Vorschein zu bringen.

Von der Art und Weise, die Aufgabe einer Zeichnung aufzufassen. Nachdem wir nun den manuellen Teil des Zeichnens besprochen haben, müssen wir noch auf die verschiedenen Methoden, das Gesehene aufzufassen und wiederzugeben, etwas näher eingehen. Man kann die Abbildung möglichst naturgetreu, ja sogar servil halten, oder aber man kann schematisieren und zwar nach zwei verschiedenen Richtungen hin, in bildlicher oder intellektueller Beziehung.

Eine absolute Nachahmung ist nicht möglich. Eine absolute Nachahmung der Natur ist nur dann erwünscht und nahezu erreichbar, wenn es sich um makroskopische oder um solche Gegenstände handelt, die bei schwacher Vergrößerung und auffallendem Lichte betrachtet werden. Sowie aber stärkere Vergrößerungen und durchfallendes Licht in An-

wendung kommen, da muß die Wiedergabe des Gesehenen auf einer matten Papierfläche stets etwas Konventionelles an sich tragen. Den Glanz lichtbrechender durchsichtiger Partieen kann man nur teilweise nachahmen. Eine noch größere Schwierigkeit bietet das Zusammenbringen auf einer Zeichnung von Ansichten, die man nicht gleichzeitig, sondern erst durch verschiedene Einstellungen nacheinander zu Gesicht bekommen kann. In manchen Büchern heißt es, man solle die gesehenen Lichteffekte durchaus treu nachzuahmen suchen. Kommt aber eine einzige Einstellung, ein einzelner optischer Querschnitt zur Darstellung, so entsteht ein Bild, das ebenso unverständlich ist, wie es eine bei starker Vergrößerung hergestellte Photographie zu sein pflegt. Sollen aber mehrere Querschnitte zusammen kombiniert werden, so wird neben der Nachahmung auch die Geistesthätigkeit in Anspruch genommen, und es fragt sich nun, wie man am besten zum Ziele gelangt. Innerhalb gewisser Grenzen darf man allerdings übereinander liegende optische Querschnitte mit gleicher Deutlichkeit hinzeichnen, insofern nämlich die Bilder nicht zu sehr ineinander greifen. Dabei empfiehlt es sich, die tiefer liegenden Teile mit etwas verschwommenen Konturen und gleichmäßig grauer Schattierung zu versehen, weil dies dem natürlichen Ansehen eines außerhalb des Fokus liegenden Gegenstandes am besten entspricht und beim ersten Blick verstanden wird. Die Grenzlinien eines tiefer liegenden Teiles, obschon dieselben bei tiefer Einstellung vollkommen scharf hervortreten, muß man dennoch in der Zeichnung an denjenigen Stellen unterbrechen, wo höher liegende Teile darüber zu liegen kommen, denn sonst würde die Zeichnung weniger verständlich sein, als das Präparat. Aus dem eben gesagten erhellt also, daß man das Konventionelle nur in den seltenen Fällen entbehren kann, wo das ganze Präparat bei einer einzigen Einstellung übersehen wird, wie z. B. bei eingetrockneten Bakterienpräparaten. Solche Objekte liefern auch dann ganz gute Photographieen. Man hüte sich, die Lagerung solcher Teile, die sich jenseits oder diesseits des Fokus befinden, durch serviles Kopieren der mikroskopischen Trugbilder ausdrücken zu wollen; dadurch entsteht nur eine für die wenigsten Naturforscher verständliche Zeichnung.

Es fragt sich also nicht, ob man getreu oder konventionell zeichnen soll, sondern lediglich, wie weit man in der konventionellen Richtung vorzugehen berechtigt ist. Eine absolute Beantwortung dieser Frage läßt sich nicht geben, da manche Nebenumstände in betracht zu ziehen sind, wie z. B. der Zweck der Abbildung und das Publikum, für das sie bestimmt ist.

Das bildliche Schematisieren. Der extremste Fall tritt bei solchen Büchern ein, welche für das große Laienpublikum bestimmt sind. Hier thut man wohl am besten, den mikroskopischen Gegenstand derart aufzufassen, als sei derselbe körperlich, und ihn also mit Hilfe der Einbildungskraft als makroskopischen Gegenstand hinzuzeichnen. Als mustergültig in dieser Hinsicht mögen die Häckel'schen Abbildungen von

Radiolarien, die Larven niederer Tiere von Selenka, die menschlichen Embryonen im His'schen Atlas hervorgehoben werden. Es ist dieses die bildliche Schematisierung, die entweder ganz unabhängig von wissenschaftlicher Schematisierung oder aber mit derselben verbunden sein kann, wie es z. B. bei den Häckel'schen Abbildungen von Schwämmen und Medusen der Fall ist. Eine solche Darstellungsmethode hat bei Werken, die für weitere Kreise bestimmt sind, ihre volle Berechtigung, darf aber in einem Lehrbuch, welches das direkte Verständnis des mikroskopischen Bildes und das Wiederfinden der Einzelheiten erleichtern soll, keine Anwendung finden; hier handelt es sich vielmehr darum, das eigentümliche Aussehen des Gegenstandes, welches im Texte seine Erklärung findet, möglichst getreu und erkennbar wiederzugeben.

Das intellektuelle Schematisieren. Das wissenschaftliche Schematisieren bei der Anfertigung von Zeichnungen hat den Zweck, bestimmte Verhältnisse, auf die es im gegebenen Falle ankommt, getreu abzubilden, alles übrige aber wegzulassen. In embryologischen Arbeiten, wo die aufeinander folgenden Zellteilungen das Hauptinteresse in Anspruch nehmen, können die Zellgrenzen, wie sich dieselben aus einer Anzahl optischer Querschnitte ergeben, durch einfache Linien in einer einzigen Abbildung Platz finden, wie es z. B. bei Kowalewsky's Darstellungen von Ascidienlarven der Fall ist. Es läßt sich die Berechtigung zu solcher Darstellungsweise in gewissen Fällen nicht absprechen. In geringerem Grade muß bei jeder Zeichnung etwas derartiges stattfinden, indem man etwaige Verunreinigungen des Präparates und die durch Vergleichung mehrerer ähnlicher Objekte als zufällig erkannten Verunstaltungen absichtlich ausläßt. Aus der peinlichen Ausführung derartiger Nebensächlichkeiten (vergl. Metschnikoff's Geryonidenarbeiten) erwächst keinerlei Vorteil und es sollte deren Auslassung nicht als Schematisierung gerügt werden. Der Zeichner muß sich aber selbstverständlich vorerst über das, was er als unwesentlich zu betrachten hat, durch Vergleichung zahlreicher Präparate Gewißheit verschaffen. Diese Mühe giebt sich leider nicht ein jeder.

Die Abbildung gefärbter Präparate. Abgesehen von dieser in den meisten Fällen gebotenen Auswahl, geht die heutige Tendenz unverkennbar dahin, das mikroskopische Bild so, wie es gesehen wird, möglichst getreu wiederzugeben, und die schematischen Figuren gesondert und als solche beizulegen. Es fragt sich aber, ob man die künstlich erzeugten Färbungen auch mitkopieren, oder ob man sie als Hilfsmittel der Untersuchung betrachten und als etwas dem Gegenstande fremdartiges bei der Darstellung auslassen soll. Es kann unserer Meinung nach gar keinem Zweifel unterliegen, daß farbige Figuren klarer und den empfangenen Eindruck besser wiederzugeben im stande sind. Dazu kommt noch ein Umstand in betracht: angesichts dessen, daß wir genötigt sind, manche erst durch die Härtungsmittel hervorgebrachten oder sichtbar gemachten Strukturen abzubilden, können wir unmöglich das Verhalten

der Gewebe gegen farbige Reagentien als weniger wichtig bezeichnen und in der bildlichen Darstellung weniger berücksichtigen. Eine andere Frage ist aber, ob es sich wirklich lohne, die stets umständliche und kostspielige farbige Ausführung vorzunehmen; es müssen in jedem Falle praktische Rücksichten den Ausschlag geben, obschon die Frage prinzipiell zu gunsten der farbigen Zeichnungen ausfällt. Bei den neuerdings verbesserten Druckvorrichtungen dürfte die Chromotypie eine immer ausgedehntere Verwendung finden.

Die Photographie. Ein nicht unwichtiges Hilfsmittel mikroskopischer Forschung, das wir nicht übergehen dürfen, ist die Photographie. Obschon ihre Anwendung ein äußerst beschränktes Gebiet umfaßt, so leistet sie doch innerhalb jener engen Grenzen ganz unübertreffliche Dienste.

Bedingungen zu deren Anwendung. Es kann die empfindliche Platte nur dasjenige Bild aufnehmen, welches das Objektiv bei einer bestimmten Einstellung zum Fokus bringt. Ein solches Bild ist aber überhaupt nur unter zwei Umständen brauchbar; entweder, wenn die Vergrößerung so gering ist, daß das Bild eine ziemliche Tiefe besitzt, oder aber wenn bei starker Vergrößerung das Objekt durchaus flach liegt und nicht merklich dick ist. Hieraus erklärt sich der Umstand, daß flache Diatomeenschalen und auf das Deckglas in dünnster Lage angetrocknete Blutkörperchen oder Mikroorganismen nahezu die einzigen brauchbaren Photogramme bei starker Vergrößerung liefern.

Demgemäß muß auch die mikrophotographische Technik ihr hauptsächlichstes Augenmerk auf die Herstellung von solchen Objektivlinsen richten, die ein großes ebenes Gesichtsfeld und große Tiefe besitzen. Für die stärksten Vergrößerungen mag dieses Ziel unerreichbar sein, bei mittelstarken steht aber kein unüberwindliches Hindernis im Wege. Die Linse dürfte freilich nur einen engen Winkel besitzen, sollte aber trotzdem gut definierte Bilder liefern; bekanntlich ist dieses nicht der Fall, wenn eine weitwinkelige Linse bis auf den zentralen Teil abgeblendet wird. Der Nachfrage in dieser Richtung würden die optischen Institute wohl nachzukommen wissen, und wäre damit dem Naturforscher ein wertvolles Mittel an die Hand gegeben, um seine Schnittserien und topographisch-anatomischen Präparate mit geringer Mühe und Zeitaufwand zu verwerten.

Das oben gesagte zu illustrieren, will ich anhangsweise einen Auszug aus der von G. E. Davis gegebenen Tabelle folgen lassen:

Fokallänge des Objektivs	Öffnungswinkel	Fokaltiefe des Objektivs	Akkommodation des Auges	Totale Tiefe des Fokus
10,0 cm	0,07	522,0 μ	2080,0 μ	2602,0 μ
3,8	0,14	86,0	230,0	316,0
1,27	0,34	10,6	20,0	30,6
1,27	0,82	4,4	20,0	24,4
0,42	0,60	1,99	2,3	4,29
0,42	1,20	0,99	2,3	3,29
0,2	0,83	0,72	0,58	1,30
0,2	1,10	0,54	0,58	1,12

Für photographische Aufnahme kommt lediglich die in der mittleren Kolumne angeführte Fokaltiefe des Objektivs in Betracht, welche stets bedeutend geringer aus-

fällt, als diejenige des in das akkommodierende Auge aufgenommenen Bildes (fünfte Kolumne). Bemerkenswert ist der gewaltige Unterschied zwischen Linsen von gleichem Fokus, wenn der Öffnungswinkel verändert wird; die Tiefe ist mehr als noch einmal so groß, wenn dieser Winkel um die Hälfte reduziert wird.

Die Einstellung. Ziemlich erhebliche Schwierigkeiten bietet das genaue Einstellen des Apparates auf den richtigen Fokus.

Die in photographischen Werkstätten übliche Einstellung auf einer matten Glasplatte reicht für mikrophotographische Zwecke meistens nicht aus. Statt des matten Glases muß man entweder eine weiße Papierfläche gebrauchen, auf welcher das Bild von vorne durch eine Seitenthür der Camera betrachtet wird, oder aber man stellt auf einer durchsichtigen Glasplatte ein, vermittelst eines Okulares, das man an einem kurzen Tubus derart befestigt, daß beim Auflegen desselben auf der äußeren Fläche der Glasplatte die Einstellungsebene mit der vorderen Fläche derselben zusammenfällt. Es geschieht alsdann die Einstellung vermittelst des aufgelegten Okulares wie in einem gewöhnlichen Mikroskope.

Der chemische und der optische Fokus. Ein photographisches Objektiv darf keinen chemischen Fokus besitzen, d. h. es sollen sich die unsichtbaren chemischen Strahlen in gleicher Entfernung kreuzen wie die sichtbaren Strahlen. Gewöhnliche Linsen erfüllen diese Bedingung um so weniger, je schwächer die Vergrößerung ist. In dieser Beziehung kann man stark vergrößernde mikrophotographische Linsen ganz gut entbehren, schwache aber nicht. Bei gewöhnlichen schwachen Objektiven entsteht auf der empfindlichen Platte trotz sorgfältiger Einstellung nur ein verschwommenes Bild, weil das chemische Bild in einer anderen Fläche liegt wie das optische Bild. Wir besitzen mikrophotographische Objektive aus der Firma Seibert und Krafft, welche von diesem Fehler gänzlich frei sind.

Die Beleuchtung. Es sei vor allen Dingen darauf aufmerksam gemacht, daß die empfindliche Platte das Bild zu verbessern nicht im stande ist. Läßt man auf dieselbe ein grelles, durch vielfache Diffraktionserscheinungen verunstaltetes Bild fallen, wie es ja allgemein geschieht, so darf man nur ein entsprechendes Resultat erwarten. Die Anwendung des direkten Sonnen- oder Lampenlichtes müssen wir demnach als durchaus verwerflich bezeichnen (man vergleiche in dieser Hinsicht die Diffraktionslinien auf den neuesten mikrophotographischen Tafeln). Die beste Beleuchtung für optische Zwecke, nämlich das von weißen Wolken oder einer weißen Wand reflektierte Licht, durch den einfachen Mikroskopspiegel aufgefangen, giebt auch die besten photographischen Resultate. Den gesamten Lichtkonzentrationsapparat, wie man ihn früher empfohlen und heute noch aus Gewohnheit weiter konstruiert, halten wir bei den heutigen Trockenplatten nicht nur für unnötig, sondern müssen ihn geradezu als verwerflich bezeichnen.

. Es sind eine ganze Anzahl verschiedener mikrophotographischer Apparate vorgeschlagen worden. Zur Aufnahme fertiger Präparate, namentlich unter mittelstarken Vergrößerungen, eignet sich am besten der Seibert'sche Apparat (Fig. 54), den man an jedes horizontal stellbare Mikroskop anpassen kann.

Es sei nur besonders darauf geachtet, daß zwischen dem Tubus und dem vorderen Brettchen des Apparates kein Licht eindringe, was schwer zu verhindern ist. Besser ist es, einen eigens konstruierten Tubus zu besitzen, welcher mit einer gefurchten Platte an einer entsprechenden Leiste des vorderen Brettes 'ganz genau zusammengefügt wird. Über einen senkrecht stehenden mikrophotographischen Apparat s. weiter unten.

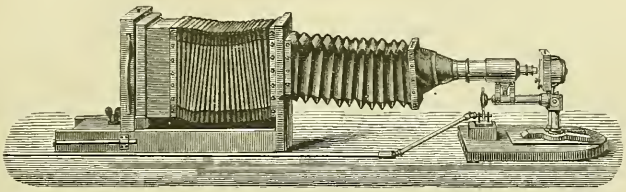


Fig. 54. Der Seibert'sche mikrophotographische Apparat.

Die empfindlichen Platten. Als empfindliche Platten kommen für den Naturforscher die käuflichen Bromsilberemulsionstrockenplatten ausschließlich in betracht. Heutzutage, wo die Photographen von Fach nacheinander zu der Einsicht kommen, daß die käuflichen Platten mit geringerem Zeitaufwande bessere und sicherere Resultate liefern, als die zubereiteten nassen Platten, da kann füglich für den Naturforscher in der Wahl kein Zweifel bestehen. Bei Swan oder bei Wratten und Wainwright in England, bei Monckhoven's Nachfolger in Gent und an manchen anderen Orten findet man solche Platten von untadelhafter Qualität, welche sich monate-, ja sogar jahrelang in einem durch Chlorcalcium getrockneten Schranke unverändert halten. Die Entwicklung soll an einem Orte vorgenommen werden, wo nur dunkelrotes Licht eindringen kann. Entdeckt man nach längerem Verweilen in dem betreffenden Raume irgend ein weißes Licht, so müssen alle Ritzen, durch welche dasselbe Zugang findet, auf das sorgfältigste verschlossen werden. Bei der hohen Empfindlichkeit dieser Platten sind gut verschlossene Kammern und Kassetten unbedingt erforderlich. Man stelle eine Platte im Apparate so auf, wie es bei gewöhnlicher Aufnahme geschieht, öffne die Kassette, lasse aber das Objektiv zugedeckt. Wird die Platte nach längerem Liegen entwickelt, so soll sich kein Schleier bilden; ist dieses der Fall, so muß man an der Camera so lange drehen, bis man die Fuge, durch die das äußere Licht Zugang findet, entdeckt und geschlossen hat.

Das Entwickeln und Fixieren des Negativbildes. Zur Entwicklung dient ein Gemisch von gesättigten wässerigen Lösungen von Eisenoxyd und neutralem oxalsaurem Kali, 1 Raumteil von der ersteren und 3 Raumteile von der letzteren Lösung, die man unmittelbar vor dem Gebrauche zusammenmischt, indem man die Eisenlösung in die andere einträgt, nicht umgekehrt. Eine Zugabe von einigen Tropfen 10%iger Bromkaliumlösung verzögert die Entwicklung und läßt das Bild kräftiger werden; einige Tropfen einer 1%igen Lösung von Natronhyposulfit haben die entgegengesetzte Wirkung. Die Entwicklung geschieht in einer flachen

Tasse, worin die Platte flach eingelegt und mit dem Entwickler mit einem Zuge bedeckt wird. Die nötigen Handgriffe, sowie die Beurteilung über die richtige Expositionszeit und den Zeitpunkt, in welchem man die Entwicklung zu unterbrechen hat, kann man am besten bei einem Photographen erlernen. Fixiert wird die entwickelte Platte in einer 8 bis 10%igen Hyposulfitlösung, bis das weiße Bromsilber ganz verschwunden ist. Eine recht langwierige und heiklige Operation ist das Auswässern der Platte nach dem Fixieren. Die Gelatineschicht läßt die Lösung nur langsam diffundieren; bleibt aber etwas Hyposulfit in der Schicht zurück, so zerfrißt dieses nachträglich das ganze Bild. Ein automatischer Waschapparat ist kaum zu entbehren; unter den vielen vorgeschlagenen Formen hat die hier abgebildete besonderen Beifall gefunden. Die Platten werden auf gebogenen Schienen aus Messingdraht in horizontaler Lage suspendiert; die Schienen hängen in einer kupfernen Wanne, in welcher das Wasser aus horizontalen durchbohrten Röhren von unten heraufspritzt. Ist die Wanne angefüllt, so tritt eine hebelartig gebogene Röhre in Thätigkeit, welche die Wanne bis auf den Grund entleert. Nach ein paar Stunden sind die Platten vom Hyposulfit gänzlich befreit; sie werden noch auf einige Minuten in eine gesättigte Alaunlösung gelegt, wieder abgespült und an einem luftigen Orte zum Trocknen hingestellt. Das Überziehen der Platte mit Firnis oder mit Kollodium ist nur in solchen Fällen geboten, wo es sich um zahlreiche Abdrücke derselben handelt.

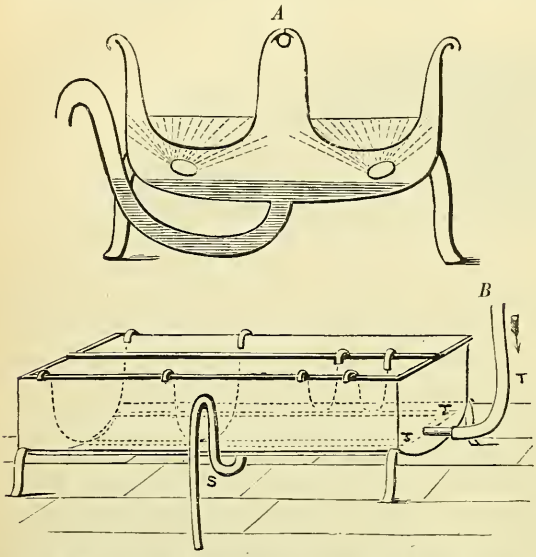


Fig. 55. Des Verfassers Auswässerungsapparat für fixierte Trockenplatten. *A* im Durchschnitt; *B* in der Seitenansicht.

Verstärkung des Negativbildes. Ein nachträgliches Verstärken kann man durch Eintauchen in 2%ige Sublimatlösung, Abwaschen und Einwirkung von 1%iger Ammoniak erzielen. Mit Uraniumnitrat und rotem Blutlaugensalz kann die Verstärkung noch weiter getrieben werden. Im allgemeinen thut man aber besser, das nachträgliche Verstärken zu vermeiden, da man es ja stets in der Hand hat, durch langsame und langdauernde Entwicklung jeden Grad der Verstärkung zu erhalten. Um die richtige Stärke bei der Entwicklung beurteilen zu können, wird die

Platte von Zeit zu Zeit aus dem Entwickler gehoben und gegen das rote Licht betrachtet.

Die positiven Papierbilder. Die gewöhnlichen Abdrücke auf Albuminpapier lasse man von einem Photographen abziehen; das Abziehen auf dem käuflichen Platinpapier ist dagegen so einfach, daß ein jeder die Operation mit geringem Zeitaufwande ausführen kann. Platinbilder brauchen nicht aufgeklebt zu werden, weil das Papier flach bleibt; ihre Unveränderlichkeit wird allgemein als bewiesen angenommen, nur die Feinheit der Details steht den Albuminbildern etwas nach. Dem käuflichen empfindlichen Platinpapier wird eine Gebrauchsanweisung beigegeben, worin die höchst einfache Operation zur genüge beschrieben wird.

Es sei hier nur besonders hervorgehoben, daß absolute Trockenheit des Papieres vor, während und nach dem Abziehen die Hauptbedingung des Gelingens bildet. Der Kopierrahmen soll vor dem Gebrauche mit einem warmen Tuche abgerieben, ein Blatt Kautschuk dem Papiere während des Abzuges aufgelegt und die Blätter vor und nach dem Abziehen in einer durch Chlorcalcium getrockneten Blechschachtel aufbewahrt werden. Sowie das Blatt in eine 80°C. warme gesättigte Lösung von neutralem oxalsaurem Kali gelegt wird, nimmt das auf gelbem Grunde gräulich erscheinende Bild alle Abstufungen des Grau an, die bis zu den tiefsten Schwärzen vollkommen ausgeführt erscheinen. Hierauf werden die Blätter in Wasser, dem man etwa 1% Salzsäure zugesetzt hat, abgewaschen, das angesäuerte Wasser wird dann einige male gewechselt und schließlich mit reinem Wasser abgespült, um die Säure zu entfernen. Die fertigen Bilder werden einfach an der Luft getrocknet.

Sehr zarte und detailreiche Papierbilder erhält man durch einfaches Abziehen im Kopierrahmen mit dem von H. Lindt in Lübeck u. a. käuflich zu beziehenden Kollodio-Chloridpapiere.

Das Papier hält sich im empfindlichen Zustande längere Zeit unverändert, wenn man es vor jeder Feuchtigkeit sorgfältig schützt. Die exponierten Bilder werden im Goldbade getont und in Hyposulfit ausgewässert. Inwiefern dieselben haltbar sind, weiß ich nicht; an Feinheit des Details sind sie den Albuminbildern unstreitig überlegen.

Glasdiapositivbilder. Glasdiapositive erhält man am einfachsten dadurch, daß man eine Trockenplatte hinter dem Negativbild im Kopierrahmen mit einer etwa 50 cm entfernten Kerze einige Sekunden beleuchtet und wie gewöhnlich entwickelt. Für das Scioptikon bestimmte Bilder sollen durchsichtiger gemacht werden, müssen also kürzere Zeit dem Lichte ausgesetzt sein, als diejenigen, welche man für die Projektion mittelst des Sonnen- oder elektrischen Lichtes herstellt.

Soll die Photographie als Forschungsmittel dienen, wie z. B. bei Untersuchungen über Mikroorganismen, so studiere man vor allem das Negativbild oder höchstens ein Glasdiapositiv. Papierbilder sind zu Forschungszwecken nur wenig geeignet.

Stereoskopische Aufnahmen. Schwach vergrößerte Bilder von makroskopischen Objekten erhalten einen viel höheren Wert und eine unglaubliche Körperlichkeit, wenn zwei verschiedene, unter spitzem Winkel aufgenommene Ansichten im Stereoskop vereinigt werden. Den zu diesem Zwecke nötigen Apparat stellt die Fig. 56 dar.

Die mit zwei Bälgen versehene kleine Camera kann von 6 cm auf 50 cm verlängert werden, indem der vordere und hintere Teil, beide durch Zahn und Trieb, auf dem mittleren feststehenden Teil bewegt werden. Die Camera (*C*) ist an einem Brett (*B*) befestigt, welches um einen Zapfen (*K*) gedreht wird. Um den zurückgelegten Winkel abzulesen, ist oben eine Gradteilung angebracht und eine Schraube (*S*), womit das Brett in jeder beliebigen Stellung fixiert werden kann. Die ganze Vorrichtung wird von einem schweren gußeisernen Fuße (*F*) (aus der Firma Frey & Co. in Aarau)

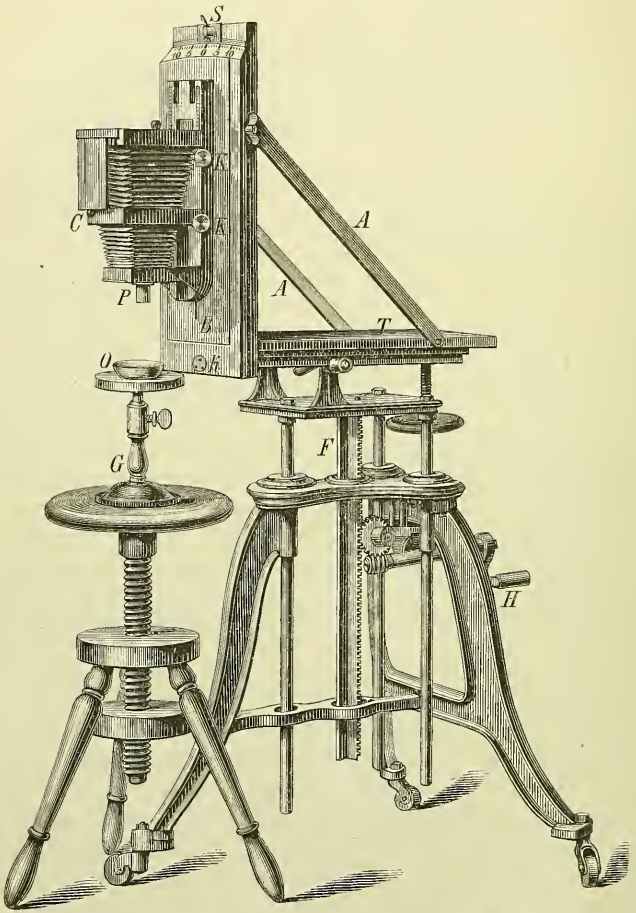


Fig. 56. Des Verfassers senkrecht stehender Apparat für stereoskopische Aufnahmen.

getragen und kann in horizontaler oder senkrechter Stellung befestigt werden. Als Objektiv dient das kleinste Aplanat von Steinheil in München oder eine der schwächeren Seibert'schen Objektivlinsen, die mit enger Blende versehen sind, um eine gewisse Fokaltiefe zu erzielen.

Das Objekt (*O*) liegt in einem schwarzen Saugnapf in Wasser oder schwachem Alkohol; starken Alkohol muß man in diesem Falle vermeiden, weil die Abdampfung bedeutende Strömungen erzeugt, die das Objekt in Bewegung versetzen könnten. Neben den Gegenstand kann man einen kleinen Elfenbeinmaßstab einlegen. Den

Napf oder die Schüssel trägt ein Schraubstuhl, welcher unabhängig vom photographischen Apparate auf dem Fußboden ruht. Dieses halte ich für durchaus notwendig, um dem Verschieben des Objektes bei Berührung der Camera vorzubeugen. Man bringt den Gegenstand auf das gleiche Niveau des Zapfens (*K*), um welchen sich das Camerabrettchen dreht. Bei mittlerer Lage der Camera wird nun scharf eingestellt, und nachdem das Brett alsdann um 4° bis $4^1/_2$° nach rechts gedreht ist, findet die erste Aufnahme statt; nachher wird das Brett um den gleichen Winkel von der mittleren Lage aus nach links fixiert, um die zweite Aufnahme zu machen. Die beiden Ansichten decken sich nachher im Stereoskop vollkommen, und sofern der angegebene Winkel innegehalten ist, werden sie einen richtigen stereoskopischen Effekt hervorbringen.

Beleuchtungsvorrichtungen. Als Beleuchtungsmittel kann in Ausnahmefällen das direkte Sonnenlicht in Anwendung kommen, z. B. bei Momentanaufnahmen lebendiger Tiere, sonst ist es geratener, eine weiße Papierdüte über das Objekt zu stülpen und einen seitlich eintretenden Sonnenstrahl möglichst sanft und vielseitig auf das Objekt zu reflektieren. Auch bei diffusem Tageslicht kann man in der Nähe eines großen Fensters vortreffliche Bilder erhalten. Durchsichtige Objekte werden auf einem Lupenstativ mit dem Spiegel beleuchtet. Auf die richtige Beleuchtung kommt alles an; man sei mit derselben nicht eher zufrieden, als bis auf der matten Glasplatte ein sanftes, detailliertes, harmonisches, von grellen Gegensätzen und Lichtreflexen freies Bild zum Vorschein kommt.

Die Beleuchtung mit farbigem Lichte. Rote blutreiche Organe oder mit Karmin gefärbte Präparate machen auf die Platte einen so geringen Eindruck, daß das Rot wie schwarz erscheint. Hat das Objekt neben den roten auch weiße Teile aufzuweisen, so zeigen sich letztere schon überexponiert, ehe die ersteren den geringsten Eindruck gemacht haben. Dem wird dadurch abgeholfen, daß man den Gegenstand mit roten Lichtstrahlen beleuchtet, wobei freilich die Expositionszeit um das Zehnfache und darüber zunimmt. Eine mit einem Gemisch von Gelatine und Blut überzogene Glasplatte, die man auf dem Wege der einfallenden Lichtstrahlen aufstellt, genügt vollkommen, um den photographischen Unterschied zwischen der dunkelroten Leber und einem weißen Nerven nahezu auszugleichen; der mit rotem Lichte beleuchtete Nerv erscheint ebenso rot wie die Leber und verlangt nun die gleiche Expositionszeit.

Dünne Gewebeteile, die man bei durchfallendem Lichte photographiert, sind in frischem Zustande oft so hell, daß kein Kontrast im Bilde zu stande kommt. Hier hilft ein mäßiges Färben mit der Lugol-schen Jodlösung, mit Bismarckbraun oder auch mit Karmin.

Das Photographieren größerer Objekte. Größere anatomische Präparate, die man in natürlicher Größe oder sogar unter Reduktion photographieren will, legt man ebenfalls, sofern es sich nicht um Skeletteile handelt, in Wasser oder Spiritus ein, und zwar in der nötigen Höhe, um die gewünschte Reduktion zu erhalten. Im letzteren Falle ist es vorteilhaft, zwei gleiche Kammern und zwei identische Objektive zu besitzen. Die beiden Kammern werden unter spitzem Winkel nebeneinander an

das Brett befestigt, und beide Platten werden dann gleichzeitig exponiert.

Die Reduktion von Zeichnungen. Eine sehr nützliche Zugabe zu einem photographischen Apparate ist das Weitwinkelaplanat, ein für die Reproduktion von Karten und Zeichnungen eigens konstruiertes Linsensystem; die Firma Steinheil und Söhne liefert solche in vorzüglicher Güte, aber freilich auch zu etwas hohem Preise. In Ermangelung eines solchen kann auch ein gewöhnliches, stark abgeblendetes Aplanat gebraucht werden. Die Photographie bietet nämlich das bequemste Mittel, um Zeichnungen schnell zu reduzieren. Es empfiehlt sich im allgemeinen, Zeichnungen, welche für Lithographen und Kupferstecher bestimmt sind, in vergrößertem Maßstabe auszuführen, damit das Detail deutlicher erscheine, und eine zur gewünschten Größe reduzierte photographische Aufnahme der Zeichnung beizulegen.

Die Bedeutung der Photographie für die wissenschaftliche Forschung. Im ganzen genommen ist die Photographie für naturwissenschaftliche Forschung entbehrlich. Soll der Forscher die Operationen selber vornehmen, so steht der gewonnene Vorteil in keinem Verhältnis mit der darauf verwendeten Zeit. In Instituten aber, wo die meisten Operationen einem Gehilfen anvertraut werden können, bildet eine photographische Ausrüstung eine wünschenswerte Zugabe. Sollten die mikrophotographischen Objektive in der oben angedeuteten Richtung Vervollkommnungen erfahren, so dürfte das Verfahren als Begleiter der Schnittmethode in der anatomischen Untersuchung die erheblichsten Dienste leisten.

Die Vervielfältigung der photographischen Bilder. Der Herstellung guter photographischer Aufnahmen haben die neueren Fortschritte in der Kunst, dieselben durch den Buchdruck zu vervielfältigen, eine unverkennbare Bedeutung verliehen. Es muß jedoch betont werden, daß sich zu solchem Zwecke nur vollkommen schöne, tadellose Clichés eignen.

Die bisher in jener Richtung gemachten Versuche sind wohl meistens daran gescheitert, daß die Negativplatten die genannten Eigenschaften nicht besaßen. Gesetzt nun, es sei das nötige Negativbild hergestellt, so bieten sich zwei Methoden zur Vervielfältigung dar. Die ältere, nach dem Namen des Erfinders Albert in München Albertotypie genannt, auch wohl als Kollotypie oder fälschlich als Phototypie bezeichnet, führt zur Herstellung einer aus Gelatine auf Glas bestehenden Druckplatte, welche sich der Druckertinte gegenüber ähnlich verhält, wie eine lithographische Zeichnung. Die Abzüge sind somit unveränderlich und lassen an Feinheit wenig zu wünschen übrig; größere weiße Flächen lassen sich aber nicht reservieren, sondern der Grund erscheint immer etwas grau: andererseits erhalten die tiefsten Schwärzen schwerlich die gewünschte Intensität. Außerdem eignet sich der Prozeß nur zur Herstellung von getrennten Tafeln. Die bisherigen schon zahlreichen Versuche lassen das Verfahren als zu wissenschaftlichen Zwecken wenig geeignet erscheinen.

Der ungemein hohe Preis der durch Woodburytypie und Photogravüre hergestellten Druckplatten stellt dieselben außerhalb des Bereiches naturwissenschaftlicher Werke.

Viel günstiger stellt sich das Verhältnis mit dem neuen von Meisenbach in München erfundenen Verfahren. Aus dem Negative wird in genannter Anstalt zu geringem

Preise eine Hochdruckplatte von ziemlicher Feinheit hergestellt, welche alle Abstufungen vom feinsten Weiß bis zum tiefsten Schwarz getreu wiedergiebt, vorausgesetzt natürlich, daß das eingesandte Cliché wirklich gut sei. Solche Platten kann man mit dem Texte zusammendrucken (als Beispiel Fig. 57).

Fig. 57. Menschlicher Embryo von 21 mm Länge; nach dem Negativbild direkt hergestellte Hochdruckplatte von Meisenbach.

Die Vervielfältigung von Zeichnungen. Eine ganz andere Technik erfordert die Vervielfältigung von Handzeichnungen. Die Kunst, eine Zeichnung auf Stein zu kopieren oder auf Kupfer zu stechen, dürfte wohl heutzutage kein Anatom zu erlernen und selber auszuüben die Muße haben; in neuerer Zeit hat namentlich die Lithographie solchen Aufschwung genommen und so vollkommene Resultate geliefert, daß man sich mit dem Geleisteten zufrieden erklären kann; es sind vor allen die lithographischen Anstalten von Werner und Winter in Frankfurt a. M., von Bach und von Funke in Leipzig u. a. m., ferner die Kupferstiche von Lövendal in Kopenhagen, Grohmann in Berlin und Pierre in Paris rühmlichst hervorzuheben.

Hochdruckplatten. Anders verhält sich jedoch die Sache in den Fällen, wo Lithographie oder Stich, überhaupt getrennte Tafeln zur Wiedergabe einfacher Zeichnungen nicht erforderlich sind. Hier kommt der Holzschnitt oder die Xylographie und die in neuerer Zeit vielfach angewandte Zinkographie zu ihrem Rechte. Was zunächst die Zinkographie anlangt, so bieten sich hier zwei verschiedene Wege. Man kann

die Zeichnung direkt mit einer Metallspitze auf der gefirnisten Zinkplatte einkratzen oder aber die Zeichnung auf Papier ausführen und das übrige einer photochemigraphischen Anstalt überlassen.

Die direkte Zinkographie. Bei Gillot in Paris, Benziger in Einsiedeln und an manchen anderen Bezugsquellen bekommt man heutzutage Zinkplatten, die mit einer weißen pulverigen Schicht überzogen sind. Die Umrisse der Zeichnung werden mittelst Rötelpapier auf die weiße Schicht aufgetragen und die Zeichnung selbst mit einer elfenbeinernen oder abgestumpften Metallspitze ausgeführt. Das Bild soll umgekehrt zur Ausführung gelangen, das Modell also durch einen umkehrenden Spiegel betrachtet werden. Das Licht muß seitlich einfallen, damit das an den Stichen bloßgelegte Metall schwarz auf weißem Grunde erscheine und den Fortgang der Arbeit beurteilen lasse. Die Anstalt übernimmt es, aus einer in solcher Weise ausgeführten Zeichnung in wenigen Tagen eine Hochdruckplatte herzustellen, wo die Linien hoch erhaben sind, das übrige Metall abgeätzt ist. Das feinste Detail und die besondere Manier des Künstlers bleiben treu erhalten, die Linien erscheinen aber an den Rändern stets etwas unregelmäßig und angefressen, was an den Stellen, wo die Striche etwas weit auseinander liegen, einen unangenehmen Eindruck macht.

Viel einfacher gestaltet sich das Verfahren, wo es sich darum handelt, einfache Zeichnungen in weißen Linien auf schwarzem Grunde zu erhalten (Frederico). Eine dicke, wohl geebnete Zinkplatte wird mit einem aus Wachs und Asphalt bestehenden Firnis überzogen, nachdem man die Platte vorher angewärmt hat. Die helle Firnisschicht wird alsdann angeräuchert, indem man sie über einen dicken, mit Wachs und Terpentin getränkten, angezündeten Baumwollenbausch hält. Die Zeichnung wird mit einer Elfenbein- oder Metallspitze in umgekehrter Lage ausgeführt und erscheint, wenn das Licht von vorne hineinfällt, weiß auf schwarzem Grunde. Zur Anätzung dient eine 1%ige Mischung von Schwefelsäure und Wasser. Nach vollendeter Ätzung wird die Platte mit Terpentin gereinigt, auf einen Holzstock genagelt und liegt nun druckfertig vor. Nimmt man eine Kupferplatte statt einer Zinkplatte und eine Eisenperchloridlösung statt der Schwefelsäure, so erscheinen die Linien regelmäßiger.

Die Photozinkographie. Photozinkographieen, nach Federzeichnungen gemacht, leiden an denselben Mängeln und Übelständen wie die direkten Zinkographieen; dabei haben sie jedoch den Vorteil größerer Bequemlichkeit, da die Zeichnung aufrecht statt umgekehrt und mit Pinsel und Feder statt auf dem gefirnisten Metall ausgeführt wird. Es ist ferner zu berücksichtigen, daß Photochemigraphieen stets auf einen kleinen Maßstab reduziert werden, wodurch die Zeichnung an Feinheit gewinnt. Die schönsten Resultate werden aber durch die genannte Methode erzielt, wenn man die Zeichnung auf ein besonders zu diesem Zwecke von Gillot in Paris und von Angerer und Göschl in Wien hergestelltes sogenanntes Linienpapier macht. Das mit einer Schicht von Bleiweiß bedeckte Papier ist in der einen Richtung mit erhabenen parallelen Leisten versehen und in senkrechter Richtung mit parallelen schwarzen Strichen bedruckt. Durch Kratzen mit einem Schaber kann man die verschiedensten Halbtöne erzeugen, die stets in Linien und Punkten ihren Ausdruck finden; andererseits lassen sich die dunklen Töne bis zur tiefsten Schwärze mit schwarzen Kreiden und Tusche auftragen. Wird die Zeichnung wirklich hübsch ausgeführt, so pflegt das Endresultat sehr befriedigend auszufallen, vorausgesetzt, daß der Buchdrucker auf den Abzug die nötige Sorgfalt verwendet.

Der Holzschnitt. Für einfache halbschematische Figuren verdient jedoch der Holzschnitt unbedingten Vorzug; denn die Reinheit der Linien ist hier unübertrefflich und die Tiefe des Schnittes auch in den feinsten Stellen hinreichend, um das Endresultat in der Buchdruckerpresse zu sichern. Die Umständlichkeit und die Kostspieligkeit können, wo es sich um bedeutende Auflagen handelt, nicht in die Wagschale fallen. Früher mußte sich der Zeichner meistens bemühen, seine Figuren mit dem Stifte selber auf Holz auszuführen, sollte das Resultat seinen berechtigten Anforderungen entsprechen. Heutzutage ist diese zeitraubende und peinlich mühsame Operation nicht mehr erforderlich; es genügt einfach die Zeichnung in großem Maßstabe auf weißem Papier recht scharf mit einem Pinsel oder weichen Stifte auszuführen, da man ein Mittel erfunden hat, die photographische Reduktion solcher Zeichnungen in der Weise auf Holz zu übertragen, daß das photographische Bild dem Holzschneider bei seiner Arbeit durchaus nicht mehr im Wege steht. Ein guter sachverständiger Holzschneider ist aber doch stets eine rara avis, und daher dürfte sich die Zinkographie trotz ihrer Übelstände doch überall da empfehlen, wo es nur auf wenige Abzüge abgesehen ist.

Die Rekonstruktionen. Will man aus einer Schnittserie eine bestimmte Ansicht des Gegenstandes restaurieren, so muß eine Zeichnung des ganzen Objektes zur Grundlage dienen. In diese werden die bei gleicher Vergrößerung gemachten Abbildungen des Querschnittes hineingetragen, wobei man sich durch folgenden Kunstgriff viele Zeit und Mühe ersparen kann.

Eine mit Gelatine gleichmäßig bedeckte, trockene Glasplatte wird mit parallelen, nahe aneinander liegenden Strichen versehen, welche, mit Anilindinten ausgeführt, die verschiedensten Farben zeigen. Eine jede Farbe soll erst nach einer Reihe von Strichen wiederkehren. Die Glasplatte wird nun nach einer senkrecht auf die Richtung der farbigen Streifen gelegten Linie in zwei ungleiche Hälften mittelst eines Diamanten geschnitten. Die Zeichnung des ganzen Gegenstandes, wie derselbe vor dem Schneiden aussah, wird durch nahe aneinander liegende parallele Linien eingeteilt, welche die verschiedenen Schnitte andeuten sollen. Wird nun die eine Hälfte der Glasplatte auf die Zeichnung eines Querschnittes gelegt, die andere Hälfte an den Rand der korrespondierenden Linie gebracht, so daß die Grenzkonturen auf beiden denselben farbigen Strichen entsprechen, so lassen sich mit Leichtigkeit die Konturen der inneren Organe auf den entsprechenden Stellen der Linie durch Punkte ausdrucken. Nachdem man die gleiche Operation für eine Reihe von Querschnitten wiederholt hat, werden die korrespondierenden Punkte durch Striche verbunden, welche die Seitenansicht der Organe ausdrücken. Bei etwas verwickelten Strukturen sollen, um Verwechselungen zu vermeiden, die Organsysteme erst nacheinander auf diese Weise rekonstruiert werden.

Das Modellieren. Trotz größter Vollkommenheit vermag die Abbildung auf einer Papierfläche noch keine genügende Vorstellung von Gestaltungen zu geben, die ja doch meistens nach den drei Richtungen des Raumes sich ausdehnen. Es tritt dieser Mangel am empfindlichsten auf, wo man sehr verwickelte Formverhältnisse, wie sie z. B. manche Embryonen darbieten, aus einzelnen Schnittserien wieder körperlich aufzubauen sucht. In solchen Fällen muß dasjenige, was im Raume war,

wieder räumlich nachgebildet werden, d. h. man ist genötigt, zum Modellieren und zur Skulptur seine Zuflucht zu nehmen. Liegen gute, von verschiedenen Standpunkten aus auf derselben Skala ausgeführte Zeichnungen oder Photographieen vor, so kann der künstlerisch ausgebildete Naturforscher mit Modellierwachs, das er durch Kneten geschmeidig gemacht hat, die Gestalten wiedergeben und mit Spatel und sonstigen kleinen Instrumenten, die man vom Händler zugleich beziehen kann, das Detail ausführen; dabei soll er sich stets mit Zirkel und Maßstab überzeugen, daß die Größenverhältnisse richtig getroffen sind. Modellierthon läßt sich für größere Modelle ebenfalls verwenden, nur soll in diesem Falle die Masse so lange feucht gehalten werden, bis die Arbeit fertig ist. War die Thonsorte richtig gewählt, so kann man die fertige Skulptur brennen lassen und hierdurch dauerhafter machen.

Soll das Modell aus einzelnen Querschnitten aufgebaut werden, so kann man, wie Born vorschlägt, aus Wachs mit etwas Talg und Stearin gegossene, gleichmäßig dicke Platten gebrauchen, aus welchen man die Konturen, wie sie sich aus den vergrößerten Querschnitten ergeben, herausschneidet. Die ausgeschnittenen Stücke werden mit Terpentinöl und durch leichtes Erwärmen aufeinander befestigt und geben auf diese Weise ein getreues Bild der in Schnitte zerlegten Teile wieder. Auch Transparentseife haben wir zu diesem Zwecke mit Erfolg angewandt; oder aber die Zeichnungen oder Photographieen der einzelnen Schnitte werden auf Pappendeckel von proportionaler Dicke aufgeklebt und die herausgeschnittenen Konturen aufeinander in passender Lage vereinigt.

Litteratur.

Hammann, J. M. H., Les arts graphiques. 1. Bd. 12°. 490 S. Genève, Cherbuliez 1857. — Moitessier, A., Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung, deutsch von Beneke. 1. Bd. 8°. 265 S. 88 Figg. Braunschweig, Vieweg 1868. — Weishaupt, H., Das Gesamtgebiet des Steindrucks. 5. Aufl. 1. Bd. 12°. Weimar, Voigt 1875. — Husnik, J., Das Gesamtgebiet des Lichtdrucks. 12°. 170 S. 3 Figg. 1 Taf. Wien, Hartleben 1877. — Husnik, J., Die Heliographie. 1. Bd. 12°. 210 S. 6 Figg. und 6 Taf. Wien, Hartleben 1878. — Krüger, J., Die Zinkogravure. 1. Bd. 12°. Wien, Hartleben 1878. — Uhlenhuth, E., Vollständige Anleitung zum Formen und Gießen. 1. Bd. 12°. Wien, Hartleben 1879. — Abbe, E, Über mikrometrische Messung mittelst optischer Bilder. Jen. Zeitschr. 12. Bd. Supplem. S. XI. 1879. — Pelletan, J., La chambre claire du Dr. Hofmann. Journ. de Micrographie. 3. Jahrg. S. 484 und 4. Jahrg. S. 25 und 76. 1879—80. — Monckhoven, D. v., Traité général de photographie. 1. Bd. 8°. 430 S. 183 Figg. und Tafeln. Paris, Masson 1880. — Stodder, Spencer and Tolle's Camera lucida. Journ. R. Microsc. Soc. Bd. 3. S. 527. 1880. — Montigny, Ch., Note sur la différence d'appréciation de la grandeur des images microsc. Bull. Acad. Belg. 49. Bd. S. 670. 1880. — Malassez, Appareils de numération et compte-globules. Arch. de physiol. norm. et pathol. 2. R. 12. Jahrg. S. 377. 1880. — Haugk, F., Repetitorium der praktischen Photographie. 2. Aufl. 8°. 142 S. 13 Figg. Weimar, Voigt 1880. — Eder, J. M., Theorie und Praxis der Photographie mit Bromsilberemulsionen. 1. Bd. 8°.

Wien, Hornig 1881. — Lyon, J. F., und R. Thoma, Über die Methode der Blutkörperchenzählung. Virchow's Archiv 84. Bd. p. 131. 1881. — Dippel, L., Abbe's Camera lucida. Bot. Centralblatt 9. Bd. S. 242 und 12. Bd. S. 211. 1882. — Pizzighelli, J., und A. Hübl, Die Platinotypie. gr. 8°. 84 S. 1 Taf. Wien, Hornig 1882. — Hartnack, E., Über einen neuen Zeichnungsapparat. Zeitschr. f. Instrumentenk. 1. Jahrg. S. 284. 1882. — Braham's Microgoniometer. Journ. R. Microsc. Soc. 2. Bd. S. 106. 1882. — Malassez, L., Perfectionnements aux appareils hémochromométriques. Arch. physiol. norm. et pathol. 10. Bd. 1882. — Davis, G. E., Penetration in Objectives and: Focussing the images in Photomicrography. Micr. News. 3. Bd. S. 172 und 233. 1883. — Vogel, H. W., Die Fortschritte der Photographie seit dem Jahre 1879. 8°. 170 S. 56 Figg. Berlin, Oppenheim 1883. — Schröder, H., On a new Camera lucida. Journ. R. Microsc. Soc. 3. Bd. S. 813. 1883. — Eder, J. M., Ausführliches Handbuch der Photographie. 8°. Mit 600 Figg. und 6 Taf. (5 Liefrgn. erschienen.) Halle, Knapp 1882—84. — Stein, S. Th., Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung. 2. Aufl. 1. Bd. 8°. 431 Figg. und 12 Taf. Halle, Knapp 1884.

Fünfter Abschnitt.

Die Beobachtung lebender Gewebe und die Fixierung und Erhärtung derselben.

Das Studium lebender Tiere. Eine recht schwierige Aufgabe ist es in den allermeisten Fällen, in die Beschaffenheit der Organe und Gewebe im lebendigen gesunden Zustande einen Einblick zu gewinnen. Diese Schwierigkeiten muß man jedoch zu überwinden lernen, denn es sollte stets der durch keinen Eingriff veränderte Bau zum Vergleich mit dem durch geeignete Reagentien fixierten herbeigezogen werden. Am einfachsten gestaltet sich die Aufgabe bei kleinen durchsichtigen Tieren, welcher Klasse sie auch angehören mögen, namentlich bei Larven und Embryonen.

Das Festhalten durch Kapillaradhäsion. Freilich stellt in diesem Falle die oft beständige Bewegung des Objektes der eingehenden Beobachtung große Hindernisse in den Weg. Diese Bewegung zu sistieren, mag man das Tier in ein wenig Wasser unter das Mikroskop bringen; die Flüssigkeit soll nur in dem Maße vorhanden sein, daß ein bedeutender Teil des Objektes oberhalb der Wasserfläche hervorragt. Das durch die Kapillaradhäsion festgehaltene Tier vermag allerdings, falls es nicht mit großer Muskelkraft versehen ist, nur geringe Bewegung auszuführen; allein es lebt unter solchen Umständen meist nur kurze Zeit, es stellen sich bald pathologische Erscheinungen ein, und die unebene Fläche gestattet überdies nicht die Anwendung starker Vergrößerungen.

Der Froschlarvenhalter. Ein sehr beliebtes und lehrreiches Objekt zur Beobachtung der Vorgänge in lebenden Geweben sind die durchsichtigen Schwänze junger Amphibienlarven und kleiner Fischchen. Zum Festhalten des Tieres genügt eine äußerst einfache Vorrichtung, wie sie

F. E. Schulze vorgeschlagen (Fig. 58). Auf einem Objektträger sind zwei schief abgeschliffene und zwei gerade geschnittene Glasstreifen aufgekittet, welche eine von oben gesehene viereckige, in der Seitenansicht schräge Grube frei lassen. Der Kopf des Tierchens kommt unter die Kante (*a*) zu liegen, der Schwanz liegt auf der schiefen Fläche (*b*) und

Fig. 58. F. E. Schulze's Objektträger für Amphibienlarven in vertikalem Durchschnitt.

kann mit einem Deckgläschen bedeckt werden. Die Grube enthält Wasser in hinreichender Menge, um die Atmung zu unterhalten. Ist das Tierchen zu unruhig, so kann man es mit einem Läppchen bei Freilassung der Kiemen umwickeln, oder aber man kann mit etwas Äther versetztes Wasser gebrauchen. Für langdauernde anhaltende Beobachtung desselben Tieres empfiehlt es sich, mit einer Hebevorrichtung und zwei Röhren frisches Wasser aus einem etwas höher gestellten Gefäße in ein tiefer stehendes durch die kleine Kammer hindurch fließen zu lassen (Holman). Cölenteraten, Echinodermen und überhaupt alle Tiere, deren Nervensystem mit der Oberhaut eng verbunden ist, kann man recht bequem Stunden lang durch luftfreies kohlensäurehaltiges Wasser ohne Beeinträchtigung ihres Lebens einschläfern (Fol).

Die Beobachtung lebender Infusorien. Infusorien und sehr kleine Larven kann man in ihren Bewegungen zu hemmen suchen, indem man fadenförmige Algen in einen mit Deckglas bedeckten Tropfen Wasser einführt. Beim Absaugen der Flüssigkeit vermittelst eines Stückchens Fließpapier läßt sich die Flüssigkeitsschicht soweit verdünnen, daß das Tier eben festgehalten wird, ohne zerquetscht zu werden. Diese Behandlung halten die meisten Infusorien nicht aus und der richtige Zeitpunkt der Beobachtung ist nur kurz, weil das Wasser verdunstet und der Druck bald zu sehr anwächst.

Kompressorien (Live-boxes). Diesen Übelständen vorzubeugen, sind besondere Apparate konstruiert worden, die man fälschlich als Kompressorien bezeichnet. Behufs Beobachtung lebendiger Tiere sind die früheren wirklich zum Zerquetschen bestimmten Kompressorien nicht zu gebrauchen; wir müssen vielmehr ein Instrument zu Hilfe nehmen, welches sanfte, streng parallele Führung des möglichst dünnen Deckglases gestattet. Der nach des Verfassers Zeichnungen hergestellte Apparat besteht in seiner einfachsten Form (Fig. 59) aus zwei Glaslamellen. Die untere Glasplatte von runder Gestalt ist in eine Metallplatte fest eingefügt; diese trägt einen niedrigen cylinderförmigen Aufsatz, in welchem ein zweiter etwas kleinerer

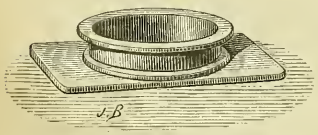


Fig. 59. Des Verfassers kleines Kompressorium aus der genfer Werkstätte.

Cylinder gleitet. Am unteren Rande des letzteren wird vermittelst Paraffin oder »marine glue« ein großes, möglichst dünnes Deckglas angeklebt. Man nähert oder entfernt das Deckglas vom Objektträger, indem man den nach außen gekrempten oberen Rand des inneren Ringes mit den Fingern faßt und bei drehender Bewegung hebt oder senkt. Für etwas dicke resistente Objekte, wie z. B. Mollusken- oder Fischeier, mag dieses billige Modell genügen; feinere Objekte verlangen indes eine genauere Vorrichtung. In Fig. 60 ist ein verbessertes Modell dargestellt, wo der Ring, in welchem der innere Cylinder durch Reibung bewegt werden kann, an einem horizontalen Arme befestigt ist, der durch eine Mikrometerschraube langsam und gleichmäßig in Bewegung gesetzt wird. Es befindet sich diese Schraube nebst einer Feder in einer seitlich angebrachten, senkrecht stehenden Säule. Daß das Deckglas dabei in paralleler Lage verbleibt, ist aus der ganzen Anordnung wohl ersichtlich. Diese Vorrichtung ermöglicht es auch, sehr kleine und zarte Tiere festzuhalten und den stärksten Vergrößerungen zu unterziehen. Soll die Beobachtung längere Zeit dauern, so empfiehlt es sich, den an der Glasplatte befindlichen Ring mit einem in Wasser getauchten Baumwollen- oder Papierbausch auszufüllen, um der Verdunstung des Wassers aus dem Präparate entgegenzusteuern, ohne dabei der Luft den Zutritt abzusperren.

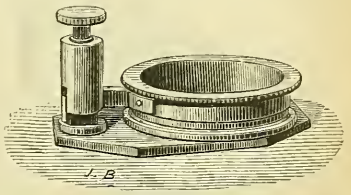


Fig. 60. Des Verfassers großes Kompressorium mit Schraube aus der genfer Werkstätte.

Der hängende Tropfen. Sollen dagegen Eier oder kleinste Organismen längere Zeit einer fortgesetzten Beobachtung unterzogen werden, so empfiehlt sich eine höchst einfache Vorrichtung, die des »hängenden Tropfens«. Selenka konstruiert sich diese Kammer aus ca. 3 mm dicken, aus Spiegelglas gefertigten Ringen von 40 mm äußerem, 30 mm innerem Durchmesser. Dieselben haften an dem Objektträger durch Kapillaradhäsion nach Zusatz einer kleinen Menge Wasser oder derjenigen wässerigen Lösung, worin das Objekt untersucht wird. Oder aber man nimmt hierzu eine einfache Glaszelle, von welcher ich noch weiter unten Erwähnung thun werde, benetzt deren Boden und Wände mit Wasser und legt nötigenfalls noch einige grüne lebenskräftige Algen ein. Das Objekt bringt man in ein kleines Tröpfchen Wasser in der Mitte eines dünnen Deckglases und stülpt nun das Ganze über die Glaszelle in der Weise um, daß der Tropfen inmitten der leeren Glaszelle zu hängen kommt. Zum luftdichten Verschluß wird das Präparat noch mit Olivenöl, Vaselin, oder besser noch mit geschmolzenem Paraffin umrandet. Das Ganze wird an einem hellen Orte, in der Nähe eines Fensters, jedoch vor direktem Sonnenlicht geschützt, aufgestellt und bildet so einen vollständigen Mikrokosmos, da die Tiere Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure ausscheiden, die Pflanzen dagegen die Kohlensäure absorbieren und den

Sauerstoff regenerieren. Durch dieses Wechselverhältnis wird die Luftmischung zu der Norm zurückgeführt und alles kann unter Umständen tage- ja wochenlang gesund fortleben.

Die Gaskammer. Wird der Glasring durch zwei an entgegengesetzten Seiten angebrachte Röhrchen durchbrochen, so kann man einen beliebigen gasförmigen Stoff in die feuchte Kammer durch das eine Rohr einführen, während das andere Röhrchen als Ausflußröhre fungiert (Fig. 61). Es ist alsdann ein leichtes, die Wirkung verschiedener Gasarten auf die lebenden Tiere oder Gewebe zu verfolgen.

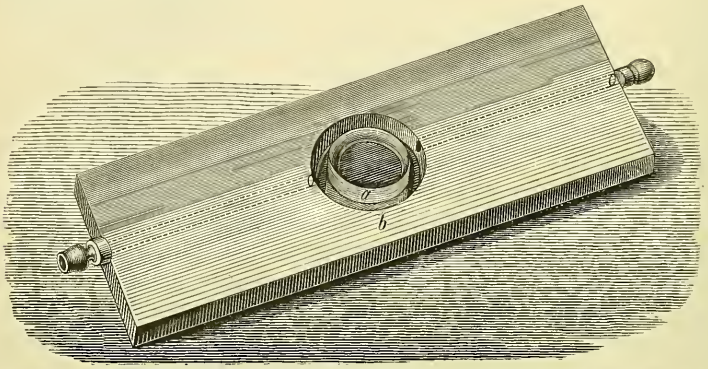


Fig. 61. Gaskammer nach Ranvier. *a* Glasscheibe, auf welche das Objekt zu liegen kommt; *b* mit dem Gas erfüllter cylindrischer Raum; *o* Röhren für Zu- und Ableitung des Gases.

Feuchte Kammer nach Recklinghausen. Die andere Form der feuchten Kammer hat Recklinghausen eingeführt (Fig. 62). Dem sehr breiten Objektträger wird ein mit abgeschliffenem Rande versehener Glasring genau aufgesetzt. Das Präparat wird in üblicher Weise hergestellt und bedeckt und kommt inmitten des Ringes zu liegen. Am oberen Ende des Ringes und an dem unteren Ende der Mikroskopröhre ist ein dünner Kautschukärmel angebracht. Durch eingelegte nasse Bäusche wird die eingeschlossene Atmosphäre mit Feuchtigkeit gesättigt. Es kann diese einfache, aber etwas unbequeme Vorrichtung mit Heizapparaten verbunden werden. Das Objekt in der feuchten Kammer unbedeckt zu lassen und die Stipplinse direkt in die Flüssigkeit, worin es schwebt, einzutauchen, wie vielfach empfohlen wurde, halten wir für eine ganz unbrauchbare Methode, weil ja der Gegenstand bei jedem Versuche genau einzustellen mit der Flüssigkeit seitlich ausweicht.

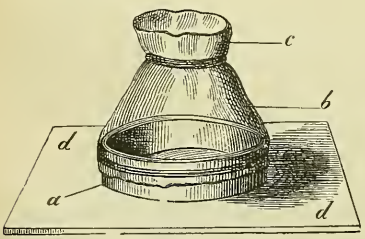


Fig. 62. Feuchte Kammer nach Recklinghausen. *b*, *c* Kautschukärmel; *a* Glasring; *d* Objektträger.

Heizapparat nach Max Schultze. Als einfachster Heizapparat verdient die ältere von Max Schultze vorgeschlagene Konstruktion eine kurze Erwähnung.

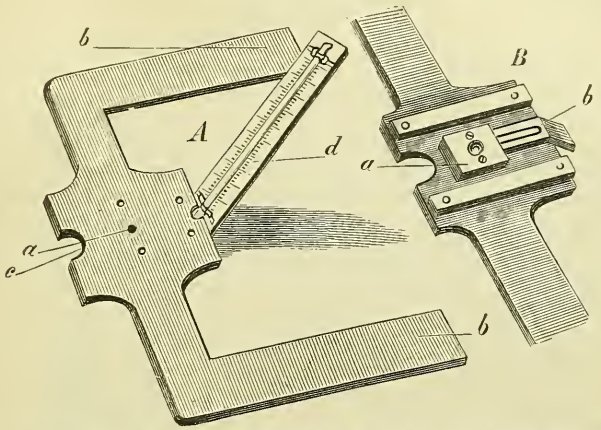


Fig. 63. Max Schultze's heizbarer Tisch. *b b* seitliche Arme, die man mit Lampen erwärmt; *a* Öffnung zur Durchlassung des Lichtes, auf welche das Objekt zu liegen kommt; *d* Thermometer; *A* obere, *B* untere Hälfte des Apparates.

Es besteht derselbe aus zwei Hälften, *A* und *B*, die man übereinander legt. Das Präparat kommt auf die große Platte *A* zu liegen, und zwar so, daß das Licht durch das kleine Loch *a* wie durch ein Diaphragma zu ihm gelangt. Man erwärmt die seitlichen Arme *b* mittelst einer Spirituslampe und kann die Temperatur am Thermometer *d* ablesen. Die Linsenfassung des Objektives kann leider dem Gegenstande so viel Wärme entziehen, daß dessen Temperatur dem Thermometergrade durchaus nicht entspricht. Außerdem ist an eine genaue Regulierung mit einer solchen Vorrichtung nicht zu denken.

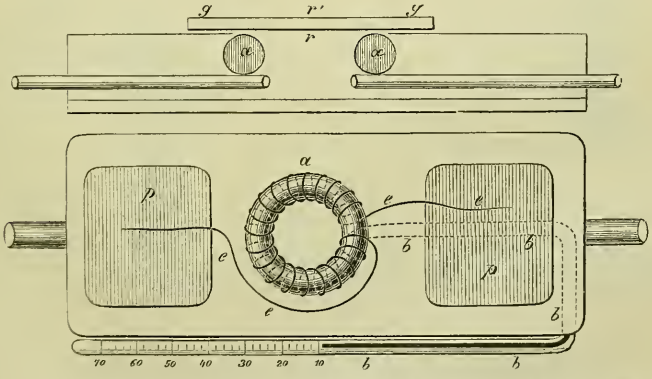


Fig. 64. Gascamera für elektrische Heizung nach Stricker. *g g* Deckglas; *p p* Elektroden; *c c* dünner Platindraht, welcher sich bei Durchleitung des Stromes erwärmt; *a* hohler Glasring, um welchen sich derselbe windet und zugleich die Flüssigkeit des Thermometers (*b*) enthält.

Elektrische Heizapparate. Eine durch elektrischen Strom erwärmte und zugleich mit Gasleitung versehene feuchte Kammer hat Stricker beschrieben (Fig. 64). Die Thermometerkugel ist durch einen Ring (*a*) er-

setzt, um welchen sich der vom Strome durchlaufene feine Draht *e e* windet und welcher zugleich die Seitenwände des mittleren Raumes der Camera bildet. Die übrigen Wände sind aus Hartgummi, die untere Platte aus Glas gemacht. Das Gas wird durch eine Röhre eingeleitet, die beiden Pole der Batterie mit den metallenen Platten *p p* in Verbindung gesetzt und der Gegenstand in *r* oder *r'* auf oder unter das Deckgläschen gelegt.

Leider zeigt die Erfahrung, daß man mit der elektrischen Heizung die größten Unannehmlichkeiten stets zu befürchten hat und keine irgendwie konstante Temperatur erzielen kann. Außerdem sind Heizung und Gaszuleitung unverträglich, da es niemals gelingt, das Gleichgewicht im Feuchtigkeitsgrade des Gases derart herzustellen, daß das Präparat weder eintrockne, noch den Wasserdampf an sich ziehe.

Wir übergehen einige auf ähnlichen Prinzipien beruhende, etwas komplizierte Apparate, um sofort diejenigen zu besprechen, welche allein eine konstante zuverlässige Temperatur erzeugen.

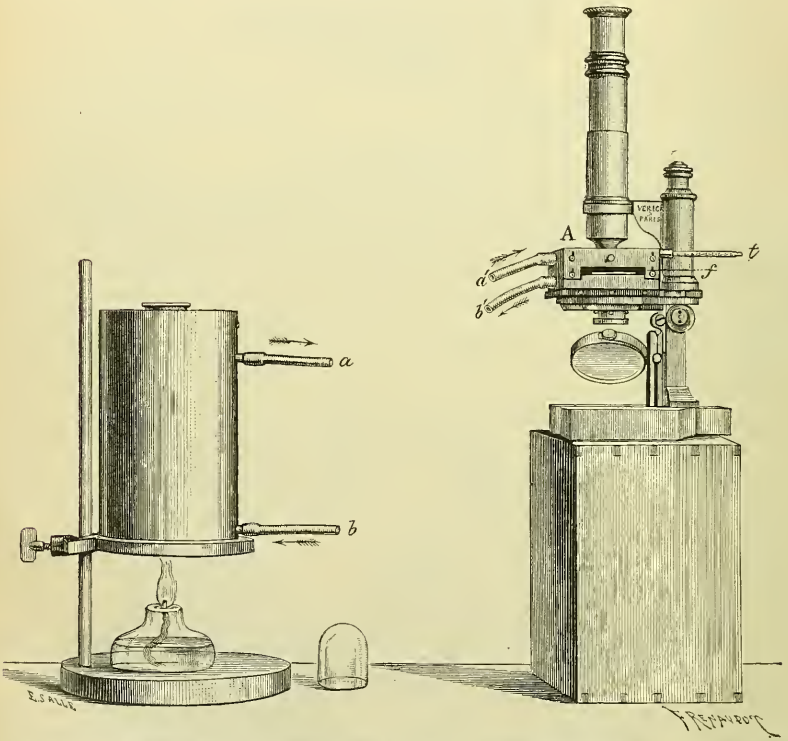


Fig. 65. Ranvier's Apparat für Wasserheizung. *a a'— b b'* Wasserleitungsröhren; *A* doppelwandiger Raum, in welchen das Objekt durch die Spalte *f* hineingeschoben wird.

Heizapparate für konstante Temperatur. Ranvier's Wasserheizapparat. Hierher gehört vor allen der Ranvier'sche Apparat für Wasserheizung (Fig. 65). Das Wasser wird in einem kupfernen Behälter durch eine Flamme erwärmt; durch das Kautschukrohr *a* fließt das warme

Wasser in den kleineren Behälter hinein, während das kalte Wasser durch das Rohr *b* zurückkehrt. Das Objekt wird allseitig von dem doppelwandigen hohlen Kästchen erwärmt, dessen Boden behufs Durchlassung der Lichtstrahlen durch zwei Glasplatten gebildet ist. Die Temperatur wird am Thermometer *t* abgelesen.

Ehe der Apparat in Gebrauch gesetzt wird, sehe man zu, daß keine Luftblasen in den Zuleitungsröhren stehen bleiben, fülle dieselben am besten mit abgekochtem Wasser, damit keine Luftblasen nachträglich entstehen, und versehe den größeren Behälter mit einem kleinen Thermoregulator, welcher die an Stelle der Spirituslampe gesetzte Gasflamme zu regulieren hat. Den Apparat sollte man stets mehrere Stunden vor dem Gebrauch in Gang bringen, damit alle Teile und auch das Objektiv des Mikroskops eine gleichmäßige Wärme annehmen; von vornherein läßt sich keine zuverlässige Regulierung erzielen, sondern es finden anfänglich stets größere Schwankungen statt, die ausgeglichen werden müssen, ehe das Objekt eingelegt wird.

Einen kleineren, auf demselben Prinzip beruhenden Apparat, bei welchem jedoch das Wasser zwischen zwei Glasplatten zirkuliert, deren obere zugleich als Objektträger fungiert, hat die genfer Werkstätte in Plainpalais konstruiert. Für kurze Beobachtungen mag derselbe schon hinreichen; man kann ihn aber nicht sicher über Nacht stehen lassen, weil die zu kleinen Dimensionen das Anbringen eines Thermoregulators nicht gut gestatten.

Eine nützliche Zugabe zu solchen Beobachtungen ist ein aus Elfenbein oder Hartgummi hergestelltes Zwischenstück, welches das Objektiv vom Mikroskoprohre zu isolieren und den Wärmeverlust für das Objekt möglichst zu verhüten hat.

Heizbare Kammer nach Sachs. Eine andere Vorrichtung, welche von Sachs und Panum vorgeschlagen wurde, besteht aus einer großen, teilweise aus Glas bestehenden Kammer, worin das ganze Mikroskop samt dem Präparate zu stehen kommt, so daß nur das Okularende und die Einstellungsschraube dem Beobachter zugänglich sind. Mit bezug auf Konstanz der Temperatur wird eine solche Kammer wohl wenig zu wünschen übrig lassen, während sie aber andererseits die mikroskopischen Manipulationen bedeutend erschwert.

Apparate für schnellen Temperaturwechsel. Sind konstante Temperaturen in den meisten Fällen erwünscht, so kann man auch andererseits die Einwirkung in bestimmten Grenzen schnell wechselnder Temperatur zu studieren haben. Hartley, Symons und namentlich Max Flesch benutzten hierzu einen kleinen Behälter, auf welchen das Präparat zu liegen kommt, und welcher aus einem höher gestellten Gefäße siedendes oder kaltes Wasser durch einen Gummischlauch empfängt. Zur Erreichung einer bestimmten Temperatur wird der Abfluß vermittelst eines Quetschhahnes reguliert.

Daß eine konstante Temperatur bei solcher Anordnung des Apparates kaum zu erreichen ist, versteht sich von selbst. Man kann dieselbe aber doch annähernd bestimmen. Die an der Zu- und Abflußröhre von Max Flesch angebrachten T-Röhren mit Quetsch- und Regulierhähnen gestatten außerdem einen fast augenblicklichen Wechsel der Temperatur.

Elektrisiervorrichtungen. Zur Durchleitung eines konstanten oder unterbrochenen elektrischen Stromes durch ein mikroskopisches Präparat

sind eine größere Anzahl von Vorrichtungen beschrieben worden, die aber alle dem Prinzipe nach übereinstimmen und so einfach sind, daß sie keine besondere Erwähnung verdienen. Dem Objektträger werden zwei Staniolstreifen aufgeklebt, deren Gestalt und Dimensionen man jedem gegebenen Falle anzupassen hat. Das Präparat kann auf eine in der Mitte durchlöcherte Hartgummiplatte gelegt werden, an welcher zwei federnde Metallklemmen angebracht sind, die man mit den Elektroden in Verbindung setzt. Im Notfalle genügt es auch, nur die eine Klemme durch Kautschuk zu isolieren. Stärkere Ströme lassen sich kaum auf längere Zeit gebrauchen, da an beiden Polen elektrolytische, chemische Zersetzungen auftreten.

Fixierung der Gewebe. Die Untersuchung frischer und fixierter Gewebe. Lebendige Organteile kann man nur in den wenigsten Fällen bequem zu Gesicht bekommen. Was man an denselben wahrnimmt, hat allerdings eine ganz besondere Wichtigkeit, da es ja gerade darauf ankommt, diejenigen Vorgänge aufzuklären, welche das Leben ausmachen; allein die meisten und auch interessantesten Strukturen sind an lebenden Organen mit geringerer Deutlichkeit zu sehen, wie an den präparierten Teilen. Neue Strukturen sind ja fast ausnahmslos an fixierten Geweben entdeckt und erst nachträglich an lebenden aufgefunden worden. Diese Nachprüfung sollte man in keinem Falle unterlassen, wo die Beobachtung des lebenden Organs überhaupt möglich ist, um die präformierten Eigentümlichkeiten des fixierten Präparates von denjenigen zu unterscheiden, welche etwa erst durch Einwirkung der Reagentien entstanden sind. Man hüte sich aber vor dem so allgemein verbreiteten Irrtume, daß die Untersuchung sogenannter frischer Gewebe, welche also abgestorben sind, diejenige der lebendigen Teile ersetzen könne. Es kann das Studium der frischen, seit kürzerer oder längerer Zeit abgestorbenen Gewebe mit oder ohne Zusatz sogenannter indifferenter Flüssigkeiten in keinem Falle dasjenige der lebendigen und gesunden Teile ersetzen. Wir können im Gegenteil dreist behaupten, daß solche abgestorbene Zellen von den lebendigen unendlich mehr abweichen, als diejenigen, die man mit den wirksamsten Reagentien momentan abgetötet hat.

Grundbedingung der Fixierung. Es kann selbstverständlich auch das beste Fixierungsmittel nur den zur Zeit seiner Einwirkung bestehenden Zustand fixieren. Hieraus erwächst die Anforderung, nicht etwa das Gewebe erst absterben zu lassen und es dann zu fixieren, denn es können durch diese Prozedur nur diejenigen Trugbilder, welche die sogenannten frischen Gewebe aufweisen, durch das Reagens verewigt werden, sondern es muß die Fixierung momentan mit dem gesunden, lebendigen Gewebe zur vollen Geltung kommen. Die Anforderungen, die wir an ein gutes Fixierungsmittel stellen dürfen, beschränken sich nicht auf rasche Erstarrungsfähigkeit; das Reagens muß außerdem penetrierende Eigenschaften besitzen, die nicht bloß an der Oberfläche der

Organe zur Geltung kommen, sondern auch schnell in die Tiefe derselben eindringen. Freilich müssen andererseits die zu erhärtenden Gewebeteile in solcher Weise zubereitet oder aufgeschnitten sein, daß die innersten Schichten von der erstarrenden Einwirkung in kürzester Frist betroffen werden. Man muß ferner auch auf die Lagerung und den Ausdehnungszustand des Gewebeteiles im Augenblicke der Erstarrung großes Gewicht legen.

Die meisten Gewebe, namentlich solche, die Muskeln enthalten, ziehen sich im Augenblicke der Fixierung so stark zusammen, daß die verschiedenen Elemente verschoben werden und ganz unnatürliche Gestalt und Lagerung annehmen. Dabei können manche Strukturen in den Zellen bis zum Unsichtbarwerden zusammenschrumpfen, z. B. die feineren Querstreifen an manchen Muskeln, Kernstrukturen u. s. w. Faserartige Gewebe muß man daher vor der Einwirkung des Reagens extendieren und in diesem Zustande an einer Glasplatte etwa vermittelst Siegellack fixieren. Membranförmige Teile kann man an das Ende einer offenen breiten Röhre wie ein Trommelfell anbinden und die Flüssigkeit in den inneren Teil aufgießen, oder aber man legt die Membran um den Rand des Objektträgers oder des Deckgläschens um und läßt erst nachher die Fixierungsflüssigkeit einwirken. Für niedere Tiere muß man den Zeitpunkt abwarten, wo sie ausgebreitet liegen, um das Reagens plötzlich aufzuträufeln.

Die Fixierungsmittel. Die oben angeführten Eigenschaften schneller Fixierung und raschen Eindringens besitzt im höchsten Maße:

Die Osmiumsäure (F. E. Schulze), eine flüchtige, übelriechende, die Schleimhäute stark angreifende krystallinische Substanz, deren Einatmung man möglichst zu vermeiden hat. Im Handel kommt dieselbe in kleinen zugeschmolzenen Glasröhrchen vor, je ein Gramm der grünlichen krystallisierten Säure enthaltend; sie ist für anatomische Zwecke von genügender Reinheit.

Man zerbreche die Spitze eines Röhrchens in einem 100 g destillierten Wassers enthaltenden Gefäße, verschließe dasselbe und schüttele das Ganze, bis alle Krystalle aufgelöst sind. Aus dieser 1%igen Lösung lassen sich alle Verdünnungen mit Leichtigkeit herstellen. Wo es auf ganz genaue Titrierung der Flüssigkeiten besonders ankommt, kann man das ganze Röhrchen wägen und nach dem Auflösen des Inhaltes die Glasstückchen sammeln, abtrocknen und das Gewicht derselben bestimmen. Die Differenz zwischen beiden sollte genau 1 g betragen, was aber durchaus nicht immer der Fall ist. Uns sind mehrmals Röhrchen in die Hände gelangt, welche bloß 0,9 g Säure enthielten. Man stelle keine große Menge auf einmal her, da die Lösung durch Abdampfen ihre Stärke einbüßt. Man hält dieselbe am besten in einer doppelt schließenden Glasflasche, die man in einen Cartoncylinder vor Licht geschützt stellt; das Licht übt nämlich auf die Lösung eine stark reduzierende Wirkung aus.

Ihre Einwirkung auf die Gewebe beruht auf ihrer leichten Reduktion durch organische Substanzen; diese findet in erster Linie durch die verschiedenen Fettsubstanzen, dann auch, obgleich langsamer, durch die Albuminkörper statt. Das Osmium wird dabei im metallischen Zustande reduziert, aber in so feiner Zerteilung, daß in den gebräunten Teilen auch mit den stärksten Vergrößerungen keine Körnelung zu sehen ist.

Die Stärke der angewandten Lösungen hat sich ganz und gar nach der Beschaffenheit der ihrer Einwirkung ausgesetzten Teile zu richten. Im allgemeinen können 1 : 500 bis 1 : 1000 als Mittelzahlen betrachtet werden; man kann aber für die Gewebe der höheren Wirbeltiere bis auf

1 : 100 steigen. Wird die Osmiumsäure in Verbindung mit einer anderen Säure gebracht, so kann man bis auf 1 : 10000 heruntergehen.

Merkwürdig und bisher noch unaufgeklärt ist der große Unterschied in der Einwirkung der Osmiumsäurelösung und der Osmiumsäuredämpfe auf einen voluminösen, in der Luft befindlichen feuchten Teil. Während im ersteren Falle die Fixierung nur die Oberfläche berührt und sehr wenig in die Tiefe eindringt, üben die Dämpfe bis in die tiefsten Schichten eine fast gleichmäßige Wirkung aus. Die fast trocken liegenden Teile werden unter einer Glasglocke, deren unterer abgeschliffener Rand auf einer matten Glasscheibe genau zusammenpaßt, der Einwirkung von Dämpfen ausgesetzt, die sich im geschlossenen Raume aus einer kleinen Menge starker Lösung entwickeln. Zur momentanen Fixierung kleiner Tiere ziehen wir es jedoch vor, auf das ausgebreitete Tierchen einen Tropfen starker Lösung fallen zu lassen.

In Osmiumsäure fixierte Teile behalten die natürliche Gestalt mit bewunderungswürdiger Treue bei. Es verlieren aber recht viele histologische Strukturen so sehr an Deutlichkeit, daß man an den fixierten Zellen noch weniger wahrzunehmen vermag, als an lebendigen. Daß übrigens die Einwirkung auch ungleichmäßig sein könne, hat Brass gezeigt.

Die Essigsäure hat mit der Osmiumsäure die rasche und durchgreifende Wirkung gemein, übt aber auf die Gewebe fast entgegengesetzte Wirkungen aus. Zur Herstellung der verschieden starken Lösungen nimmt man am besten die reine, bei etwa 15° C. zu einer krystallinischen Masse erstarrende Säure, das sogen. *Acid. acet. glaciale.*

Die gebräuchlichsten Lösungen bestehen aus 1 bis 2 Teilen Säure und 99 oder 98 Teilen Wasser. Eine 2%ige Lösung sollte man stets vorrätig haben. Zur sofortigen Untersuchung kann man aber bis zu 10% und noch höher steigen.

Für sich allein ist die Essigsäure ein schlechtes Fixierungsmittel, da ihre Einwirkung fortdauert und das zuerst deutlicher gemachte Präparat schließlich bis zur Unkenntlichkeit verunstaltet; daher soll man sie, wo es sich um das Fixieren handelt, stets mit erhärtenden Mitteln verbinden. Es beruht die Einwirkung einmal auf der Quellung und der schließlichen Auflösung der leimgebenden Substanzen, weshalb die Essigsäure ein beliebtes Mittel zur Aufhellung der Bindesubstanzen abgiebt. Ferner wird das Mucin körnig niedergeschlagen. Die Einwirkung auf das Protoplasma ist je nach der Stärke der angewandten Lösung, der Einwirkungsdauer und der Beschaffenheit der Zellenelemente sehr verschieden. Durchsichtige Plasmasorten lassen Körner oder Streifen erkennen, dunkle Zellen werden öfter durch Auflösen eines Teiles ihrer Inhaltskörner heller. Im allgemeinen hat die Säure auf das Protoplasma keine aufquellende, sondern im Gegenteil eine einschrumpfende Wirkung. Am Rande der Zelle treten auf die Dauer eine Anzahl Tröpfchen einer lichtbrechenden, zähflüssigen Substanz heraus. Der Kern erscheint wegen der schärferen Umgrenzung seiner Hülle um vieles deutlicher. Anfangs mag er etwas größer werden, bald schrumpft er aber mit dem Zellenplasma ein. Sein Inhalt wird netzförmig oder körnig niedergeschlagen.

Im allgemeinen bildet die Essigsäure wegen ihrer Eigenschaft, Plasmastrukturen deutlicher zu machen, ein unentbehrliches Forschungsmittel, welches aber eine strenge Kontrolle der Resultate verlangt und am besten mit anderen Säuren in Verbindung angewandt wird.

Die Ameisensäure wirkt ähnlich wie die Essigsäure, durchdringt das Präparat vielleicht noch schneller, ist aber weniger beliebt, da sie keine genau titrierte Lösungen herzustellen erlaubt.

Die Oxalsäure kommt in weißen, ziemlich beständigen Krystallen im Handel vor, welche sich in 15 Teilen Wasser auflösen. Aus der konzentrierten wässerigen Lösung, die man vorrätig halten sollte, lassen sich alsdann die gebräuchlichen Verdünnungen mit 5 bis 10 Teilen Wasser herstellen. Leimgebende Substanzen quellen in ihr ziemlich stark auf, Eiweißkörper und Protoplasma erlangen dagegen eine gewisse Festigkeit.

Noch besser, als die wässerige, ist eine starke Lösung der Säure in 70%igem Alkohol zu gebrauchen. Die fixierende Wirkung gewinnt alsdann über die aufquellende Eigenschaft die Oberhand.

Die Chromsäure bildet eines der bequemsten und wertvollsten Fixierungsmittel, die wir überhaupt besitzen. Dieselbe kommt im Handel in roten nadelförmigen Krystallen vor, die für biologische Zwecke genügende Reinheit besitzen.

An der Luft zerfließen diese krystallinischen Massen sehr schnell, und es tritt recht bald eine chemische Veränderung ein. Man sollte die Säure daher stets in verschlossenen Flaschen beziehen und beim Öffnen einer derselben den ganzen Inhalt sofort schnell abwägen und mit destilliertem Wasser eine starke, etwa 10%ige Lösung herstellen. Von letzterer vermische man nach Bedarf jedes Mal eine Portion mit Wasser, um den gewünschten Prozentsatz zu erhalten. Diese Verdünnungen muß man stets nach der Titriermethode ausführen und sich nicht nach der sehr unzuverlässigen Farbe der Lösung richten.

Auf Leim- und Eiweißsubstanzen übt die Chromsäure eine gerbende Wirkung aus, indem sie mit denselben unlösliche Verbindungen von gelbgrünlicher Farbe eingeht. Die Unlöslichkeit tritt allerdings im feuchten Zustande nur langsam ein, im trockenen Zustande dagegen und bei Lichtzutritt in wenigen Sekunden. Beim Studium der Chromsäurepräparate muß man stets bedenken, daß manche im lebenden Körper gelöste flüssige oder halbflüssige homogene Substanzen durch die Säure fadenförmige Absonderungen bilden. Diesem Übelstande kann man am besten vorbeugen, wenn man die Chromsäure mit Osmium- oder Essigsäure verbindet. Da die Chromsäure die organischen Teile nur langsam durchdringt, so kommen jene flüchtigen Reagentien zuerst zur Geltung, worauf alsdann die Chromsäure einer weiteren Veränderung des fixierten Gewebes vorbeugt und der quellenden Eigenschaft der Essigsäure auf leimgebende Substanzen entgegenwirkt.

Die Chromsäure kommt meistens in Lösungen von 0,1 bis 2% zur Verwendung, von denen man stets eine reichliche Menge nehmen möge, welche das Volumen des eingelegten möglichst zerkleinerten oder aufgeschnittenen Gewebestückchens um mindestens das 200fache über-

treffen soll. Bei längerer Einwirkung kann man Karbolsäure oder Kampherstückchen zugeben, um die leicht eintretende Verschimmelung zu verhindern. In der Regel wird mit schwächeren Lösungen zu etwa 0,1 bis 0,2 pro Mille angefangen und bei jedesmaligem Wechsel eine etwas stärkere Lösung genommen bis zu 1 %.

Ein Zusatz von Glycerin zu der erhärtenden Lösung soll angeblich das Spröde- und Brüchigwerden des Präparates verhindern. Wir haben dies aber durchaus nicht bestätigen können. Die Fixierung wird bloß verlangsamt.

Die Pikrinsäure steht in ihrer Wirkung der Essigsäure näher als der Chromsäure. Mit organischen Substanzen geht dieselbe keine feste Verbindung ein und kann durch Auswaschen wieder vollständig entfernt werden. Mit der Essigsäure stimmt dieselbe ferner durch die quellende Wirkung auf Bindegewebe und leimgebende Substanzen überein, jedoch ist diese weit geringer; auch braucht die Einwirkungszeit nicht so knapp bemessen zu sein, wie bei jener.

Im Handel kommt die Pikrinsäure in strohgelben krystallinischen Täfelchen vor, welche ziemlich luftbeständig sind. Am besten stelle man sich einen Vorrat her von gesättigter wässeriger Lösung, aus welchem die verschiedenen Verdünnungen oder Gemische mit Leichtigkeit herzustellen sind. Verschieden starke Lösungen zeigen in ihrer Einwirkung auf die Gewebe keine auffallenden Unterschiede; daher die schwächeren Lösungen, welche das nachherige Ausziehen der Säure erleichtern, vorzuziehen sind.

Die gebräuchlichsten Verdünnungen bestehen aus einem Teile der gesättigten wässerigen Lösung mit 3 bis 4 Teilen Wasser. Die zuerst aufgegossene Lösung trübt sich in der Regel und muß so oft erneuert werden, bis das Präparat keine trübende Flüssigkeiten mehr abgiebt. Die Mischungen von Pikrinsäure mit verschiedenen Säuren gehören zu den besten Fixierungsmitteln, die wir kennen.

Die Salpetersäure kann, mit 9 Teilen Wasser vermischt, also in der Stärke von etwa 10 % zur Fixierung kleiner Gewebeteile und zu 3 bis 5 % für Embryonen dienen. Die Kernteilungsfiguren (Altmann) werden recht deutlich sichtbar, ebenso die Querstreifung an den Muskelfasern; die Erstarrung der Gewebe ist aber nur unvollkommen und leimgebende Substanzen werden überdies bald aufgelöst. In 3—4 %igen Lösungen erlangt jedoch die Retina höherer Tiere binnen kurzer Zeit einen schönen Erhärtungszustand (W. Engelmann). Zur Herstellung von verdünnten Gemischen nehme man die konzentrierte Salpetersäure der chemischen Laboratorien mit 1,5 spez. Gewicht.

Die Schwefelsäure ist heutzutage im wasserlosen krystallinischen Zustande leicht zu beschaffen, und es lassen sich mit derselben genau titrierte wässerige Lösungen herstellen. Die stark verdünnte Säure, zu etwa 1 g auf 300 bis 400 kcm Wasser (M. Schultze), läßt Eiweißsubstanzen gerinnen und hellt die leimgebenden Stoffe ohne Quellung auf; daher wird ihre Wirkung auf das Zentralnervensystem, Lymphdrüsen etc. zur Darstellung der Stützsubstanzen gerühmt.

Die Salzsäure hat vor der Essigsäure, mit welcher sie in ihrer Wirkung einige Ähnlichkeit besitzt, keinerlei Vorteile aufzuweisen; dasselbe gilt von der Phosphorsäure und anderen mineralischen Säuren.

Mischungen verschiedener Säuren. Mehr noch, als die verschiedenen oben angeführten Säuren, leisten die Mischungen, die man aus zweien oder mehreren derselben in wechselndem, jedem einzelnen Falle möglichst angepaßtem Verhältnisse herstellt. Wenn auch keine Formel auf alle Fälle paßt, so lassen sich doch gewisse anerkannt gute Proportionen angeben, welche bei weiteren Abänderungen als Richtschnur dienen können.

Die Osmiumessigsäure wirkt gleichmäßiger und sicherer, als reine Osmiumsäure. Man nehme:

Osmiumsäure 1%	10	Raumteile
Essigsäure 2% .	50	–
Wasser	40	–

Je nachdem das Präparat in den feineren Details zu dunkel und undeutlich oder aber zu hell und stark verändert erscheint, nehme man im ersteren Falle weniger Osmiumsäure, im letzteren einen geringeren Prozentsatz Essigsäure. Die Einwirkungszeit richtet sich nach der Dicke und Dichtigkeit des Objektes, sollte aber auf keinen Fall einige Stunden übersteigen. Für jüngere Keimscheiben und kleine Gewebefetzen ist $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde vollkommen ausreichend. Das Präparat kann in Salzwasser ausgewaschen oder direkt in Alkohol zur Nachhärtung eingelegt werden.

Die Chromessigsäure eignet sich besonders zur Darstellung der protoplasmatischen Strukturen im Zellenleibe. Man nehme:

Chromsäure 1%	25	Raumteile
Essigsäure 2% .	50	–
Wasser . . .	25	–

von M. Braun für Embryonen, von O. Hertwig zur Fixierung von Amphibieneiern und von Flemming zur Darstellung von Asterfiguren stark empfohlen. Unserer Erfahrung nach hat dieses Gemisch auf die meisten Gewebe von Wirbeltieren und wirbellosen Tieren eine vortreffliche Wirkung.

Die Chromosmiumsäure wird von M. Flesch in folgender Zusammensetzung zur raschen Erhärtung des inneren Ohres, des Epiphysenknorpels und mancher Organe empfohlen:

Osmiumsäure 1% .	10	Raumteile
Chromsäure 1% . .	25	–
Destilliertes Wasser.	65	–

Ein gewisses Zusammenschrumpfen ist zwar an den Geweben bemerkbar und die nachherige Färbung, die man übrigens entbehren kann, recht schwierig. Für die meisten Organe kann man die Osmiumsäuremenge mit Vorteil um die Hälfte reduzieren.

Die Chromsalpetersäure. Für Amphibien- und Fischeier, die sonst leicht bröcklig werden, empfiehlt Perényi ein chromsalpetersaures Gemisch, wie folgt:

4	Raumteile	Salpetersäure 10%
3	–	Alkohol
3	–	Chromsäure 0,5%

Man läßt diese Mischung etwa 4 bis 5 Stunden lang auf die Eier einwirken und legt sie alsdann in Alkohol ein.

Die Chromosmiumessigsäure gehört zu den besten und feinsten

Fixierungsmitteln, welche die moderne histologische Technik geschaffen hat. Flemming empfiehlt zur Fixierung der Zellteilungsfiguren folgendes Verhältnis:

Osmiumsäure 1%	.	10 Raumteile
Chromsäure 1%	. .	25 –
Essigsäure 2%	. .	5 –
Wasser	. . . .	60 –

Für den allgemeinen Gebrauch hat sich diese Mischung bei uns vortrefflich bewährt, jedoch in folgenden abgeänderten Verhältnissen:

Osmiumsäure 1%	.	2 Raumteile
Chromsäure 1%	. .	25 –
Essigsäure 2%	. .	5 –
Wasser	. . . .	68 –

Die Chrompikrinsäure ergiebt eine ausgezeichnete Härtung der Gewebe, deren Tinktionsfähigkeit sie in keiner Weise beeinträchtigt; die Penetrationskraft ist jedoch gering und die Fixierung eine langsame, daher sich diese Säure nur für kleinste Gewebestücke empfiehlt:

Pikrinsäure, konzentrierte wässerige Lösung	10 Vol.
Chromsäure 1%	25 –
Wasser	65 –

Kurz vor dem Gebrauch kann man noch etwa 0,005 Osmiumsäure zusetzen, wodurch die Wirkung energischer gemacht wird.

Die Pikrinschwefelsäure in dem von Kleinenberg vorgeschlagenen Verhältnisse erfreut sich allgemeinen Beifalls. Obgleich die Wirkung nur mit mäßiger Geschwindigkeit vor sich geht und manche feine Details etwas von ihrer Deutlichkeit einbüßen, so entstehen andererseits keine Trugbilder und die schöne Erhaltung der Form, die vortreffliche Färbbarkeit der Gewebe sind hoch anzuschlagen. Ein nennenswerter Nachteil dieser Fixierungsmethode besteht nur in der Quellung, die das Bindegewebe und die leimgebenden Substanzen erleiden, und welcher Kleinenberg durch den Zusatz von Kreosot entgegenzuwirken sucht. Seine Formel lautet:

Gesättigte wässerige Lösung von Pikrinsäure	100 Raumteile
Starke Schwefelsäure	2 –

Es schlagen sich Pikrinkrystalle nieder, die man absetzen läßt; der filtrierten Flüssigkeit werden noch

Wasser	300 Raumteile

zugesetzt und endlich so viel Kreosot, als die Mischung aufzulösen vermag.

Jener quellenden Eigenschaft können wir jedoch wirksamer durch Zusatz von etwa $\frac{1}{3}$ des Volumens von 1%iger Chromsäure entgegentreten, wobei man alsdann das Kreosot weglassen kann. Wir finden es auch einfacher, anstatt einen Teil der Pikrinsäure aus der gesättigten Lösung zu fällen, gleich von vornherein eine Mischung von: Pikrinsäure 0,1 g, Wasser 100 Teile mit 0,6 Schwefelsäure zu versetzen. Das Endresultat bleibt sich gleich.

Für Protozoën schlägt Henry Blanc ein Gemisch vor, bestehend aus:

Gesättigter Pikrinsäurelösung in Wasser	100 Raumteile
Schwefelsäure	2 –
Destilliertes Wasser	600 –

Zwei bis drei Tropfen Essigsäure werden je 15 kcm von der obigen Lösung zugeführt.

Die Pikrinsalzsäure und Pikrinsalpetersäure. Die von P. Mayer vorgeschlagenen Gemische von Pikrinsalzsäure und Pikrinsalpetersäure sind nur bei kalkreichen Organen, die man mit Vermeidung der Gypskrystallbildung zu entkalken wünscht, anwendbar, denn sonst stehen sie der Kleinenberg'schen Lösung in jeder Beziehung nach. Die Herstellungsweise ist übrigens die gleiche, indem man nur statt der 2 Raumteile Schwefelsäure 8 Raumteile 25 %iger Salzsäure, beziehungsweise 5 Teile 25 %iger Salpetersäure zusetzt.

Allgemeine Regeln bei der Fixierung. Die Menge der angewandten Flüssigkeit. Was für eine Säure man nun auch zur Fixierung nimmt, so darf man folgende Kautelen niemals vernachlässigen: Das Volumen der Säurelösung soll dasjenige des zu erhärtenden Objektes um das vielfache, meistens sogar um mehr als das 100fache übertreffen. Sowie die Flüssigkeit eine Trübung aufweist, muß sie so lange erneuert werden, bis sie klar bleibt. Die Einwirkung der Säure soll so lange dauern, bis die Fixierung vollendet ist, muß aber dann sofort unterbrochen werden.

Bestimmte Zeitangaben sind hier nicht möglich, weil ja die Wirkung von der Größe und der Dichtigkeit des Objektes abhängt. Infusorien kann man nach 5 bis 10 Minuten als gehörig fixiert betrachten, während größere, etwa 1 cm dicke Gewebsstücke 24 Stunden und darüber verlangen. Im allgemeinen wirken Osmiumsäure und Essigsäuregemische am schnellsten, Chromsäure am langsamsten, während die Pikrinsäure eine mittlere Stellung einnimmt.

Zerkleinerung des Objektes. Das Objekt muß möglichst klein sein. Größere Organe und namentlich Tiere, zumal solche, die eine undurchdringliche Hülle besitzen, sollen aufgeschnitten und die inneren Teile mit der Flüssigkeit ausgespritzt werden.

Wenn es darauf ankommt, innere Organe in natürlicher Gestalt und Lage zu fixieren, greife man zur Einspritzung der Säurelösungen durch die Blutbahnen, das Darmrohr etc. Gehirn oder Eingeweide von Wirbeltieren und anderen kann man durch diese Methode ohne Veränderung der äußeren Form auf das beste fixieren. Nach wenigen Stunden wird das schon ziemlich starre Organ herausgenommen und in eine weitere Portion der zur Einspritzung gebrauchten Lösung eingelegt.

Einfluß der Temperatur. Die Temperatur hat einen sehr merkbaren Einfluß auf die Geschwindigkeit der Fixierung; in der Brütofentemperatur tritt die Erstarrung viel schneller und tiefer ein. Es gilt dies von allen Säuren überhaupt, aber ganz besonders von der sonst langsam einwirkenden Chromsäure.

Das Entsäuern. Die eingedrungene Säure muß möglichst bald ausgewaschen werden, wobei man darauf zu achten hat, daß keine nachträglichen Quellungen eintreten.

Osmium- und Chromsäurepräparate dürfen mit Wasser ausgelaugt werden; nach der Osmiumsäure kann sogar eine etwas alkalinische Flüssigkeit, wie z. B. eine sehr schwache Lösung des kohlensauren Ammoniaks oder des essigsauren Kalis, angewandt werden, um etwaige Schwärzung der Präparate zu vermeiden. Salpetersaure Präparate können nach Rabl-Rückhardt in 1 bis 2 %iger Alaunlösung ausgelaugt

werden. Nach der Chromsäurehärtung muß man mit Wasser, und zwar am besten in fließendem Wasser, einige Stunden lang auswaschen, weil man sonst die Säure nicht zu entfernen vermag und störende Niederschläge in den Zellen nach ungenügender Auswässerung erfolgen. Pikrinsäurepräparate dagegen vertragen das Wasser durchaus nicht, sondern quellen und verändern sich in hohem Maße, da die Fixierung lange nicht so vollständig ist, wie mit ersteren Säuren. Man muß also in Alkohol auswaschen, was übrigens leicht gelingt, da die Pikrinsäure in schwachem, etwa 60 bis 70%igem Alkohol sehr löslich ist. Nur bei Pikrinchromsäurepräparaten ist ein kurzes Auswaschen mit Wasser statthaft und sogar geboten. In diesem Falle thut man jedoch besser, fast siedend heißes Wasser zu gebrauchen. Die zuweilen recht langwierige Extraktion der Pikrinsäure durch schwachen Alkohol kann man wesentlich beschleunigen, wenn man die Flasche im Brütofen bei etwa 40° verweilen läßt; bei solcher Temperatur ist die Säure fast noch einmal so leicht löslich in Alkohol, wie bei gewöhnlicher Zimmertemperatur.

Die entsäuerten Präparate werden in 70 bis 90%igem Alkohol aufbewahrt und halten sich recht lange Zeit dem Anscheine nach unverändert. Die besten Bilder erhält man jedoch unzweifelhaft, wenn die fixierten Teile nicht allzulange Zeit in Alkohol gelegen haben.

Den Säuren sind manche Salzlösungen und auch das Jod als ebenbürtige Fixierungsmittel an die Seite zu stellen. Es gehören hierher vor allen:

Das Eisenperchlorid (Vulpian, Fol) ist zur naturgetreuen Erstarrung von Wimper- und Pseudopodienbildungen ein bisher unübertroffenes Fixierungsmittel. Man nehme die alkoholische Perchloridtinktur der englischen Pharmakopoe und verdünne dieselbe mit dem 5 bis 10fachen Volumen 70%igen Alkohols. Bildet sich mit der Zeit ein feiner Niederschlag, so setze man der Lösung ein paar Tropfen Salzsäure zu und schüttele sie kräftig. Die Wirkung dringt nur langsam in die Tiefe ein, daher man möglichst kleine Stücke zu nehmen hat. Wimperepithelien übergieße man mit der Mischung und schabe dieselben nach einigen Minuten mit dem Messer ab. Gewaschen wird in 50%igem Alkohol, in welchem man etwa $^1/_2$ bis 1% Oxalsäure gelöst hat, und nach vollständigem Verschwinden der gelbrötlichen Farbe in Alkohol aufbewahrt. Kleinere Tiere, zumal pelagische Seetiere, erlangen durch diese Methode eine vortreffliche Konservierungsfähigkeit.

Das Sublimat oder Quecksilberchlorid (Kölliker, Lang) wirkt ähnlich wie das Eisenperchlorid, jedoch mehr alterierend auf die Gewebe, dringt aber besser in die Tiefe dickerer Organteile ein. Man kann eine konzentrierte wässerige Lösung des krystallinischen Salzes in Wasser, die man bei der Siedehitze herzustellen hat, gebrauchen. Beim Erkalten enthält die Lösung etwa 2% des Salzes. In schwachem, 50 bis 60%igem Alkohol kann man eine 3 bis 4%ige sehr schnell einwirkende Lösung herstellen. Man wäscht in Alkohol aus, darf aber die gehärteten Teile nicht lange aufbewahren, weil sie sonst brüchig werden. Turbellarien lassen sich hierdurch so plötzlich abtöten, daß sie fast die natürliche Stellung behalten, was außer durch das Eisenperchlorid durch kein anderes Mittel gelingt. Wimpern und protoplasmatische Fortsätze schrumpfen ein und

verkrümmen sich etwas und die histologische Konservierung läßt einiges zu wünschen übrig.

Mischungen des Sublimates mit Säuren und Salzen. Außer den einfachen Lösungen hat man noch Gemische von Sublimat mit Alaun und anderen Salzen oder Säuren in Anwendung gebracht.

Pacini'sche Flüssigkeiten. Es gehören hierher die Pacini'schen, Goadby'schen und Lang'schen Mischungen. Pacini stellt sich 4 verschiedene Mischungen her:

1. Sublimat: 1 Teil. Destilliert. Wasser: 200 Teile.
2. Sublimat: 1 – Kochsalz: 2 Teile. Destilliert. Wasser: 200 Teile.
3. Sublimat: 1 – Kochsalz: 4 – Destilliert. Wasser: 200 –
4. Sublimat: 1 – Essigsäure: 2 – Destilliert. Wasser: 300 –

Die ausgedehnteste Anwendung findet die zweite Formel, welche gleichzeitig auch zur ferneren Konservierung dienen kann. Die dritte Lösung dient nur für das Blut und die Blutgefäße warmblütiger Wirbeltiere. Die erste dient zur schnellen Fixierung, die vierte zur Verdeutlichung der Kerne und zur Auflösung der roten Blutkörperchen, während die weißen übrig bleiben und in Nr. 2 weiter konserviert werden. Die Flüssigkeit soll stets in reichlicher Menge genommen und öfter gewechselt werden.

Goadby's Conserving Liquor. Goadby setzt sein »Conserving Liquor« aus folgenden Bestandteilen zusammen:

Sublimat 1 Gewichtsteil, kochendes Wasser 2350 Raumteile.

Nachdem das Sublimat aufgelöst ist, setzt man noch hinzu:

Kochsalz 480 Gewichtsteile, Alaun 240 Gewichtsteile.

Pelagische Seetiere halten sich geraume Zeit recht gut, gehen aber schließlich durch Zerbröckeln zu grunde. Die histologische Konservierung läßt, wie überhaupt bei allen Sublimatlösungen, manches zu wünschen übrig.

Die Lang'schen Mischungen. Lang empfiehlt eine Mischung des Sublimats mit Essigsäure und Kochsalz. Die etwas unbestimmte Vorschrift lautet:

In 100 Gewichtsteilen destilliertes Wasser löst man 6 bis 10 Teile Chlornatrium, 5 bis 8 Teile Essigsäure, 3 bis 12 Teile Quecksilberchlorid und eventuell noch $^1/_2$ Teil Alaun. Wie man 12 Teile Sublimat in 100 g Wasser im gelösten Zustande erhalten soll, wird nicht angegeben.

Außerdem hat Lang eine konzentrierte Lösung von Sublimat in Pikrinschwefelsäure mit Zugabe von 5%iger Essigsäure empfohlen, sowie auch eine gesättigte siedend heiße Lösung des Sublimats in Wasser.

Das Jod kann in Alkohol aufgelöst als Jodtinktur oder als Lugol'sche Lösung zur Verwendung kommen. Letzterer Flüssigkeit geben wir den Vorzug, weil sie sich ohne Niederschlag mit Wasser in allen Verhältnissen mischen läßt. Nach Lugol besteht die Mischung aus:

Jodkalium 6 Wasser 100 Jod 4.

Wir nehmen einfacher eine konzentrierte wässerige Auflösung von Jodkalium in Wasser und setzen derselben Jodstückchen bis zur Sättigung zu. Die dunkelbraune Flüssigkeit wird nach Bedarf mit 100 bis 500 Teilen Wasser verdünnt.

Beim Fixieren kommt auf die Stärke nicht viel an; man verdünne so weit, daß die Gewebe eine distinkte, aber nicht zu dunkle, der Untersuchung hinderliche Farbe annehmen. Die Fixierung läßt einiges zu wünschen übrig und eignet sich wenig zur nachherigen Konservierung und Erhärtung in Alkohol; für sofortige Untersuchung mancher Tiere,

namentlich durchsichtiger Arthropoden, ist dieselbe jedoch ein sehr bequemes Mittel, um ein gefärbtes und gut fixiertes Präparat momentan zu erhalten. Mit Alkohol in Verbindung hat das Jod als Fixierungsmittel für das Rückenmark höherer Wirbeltiere manchen Verehrer gefunden.

Der absolute Alkohol. Der Alkohol hat, je nach der Stärke, in welcher er zur Anwendung kommt, recht verschiedene Wirkungsfähigkeiten. Als Fixierungsmittel verdienen nur der absolute und der stark verdünnte Alkohol einige Beachtung. Starker, nicht absoluter Alkohol wirkt sehr schrumpfend auf die Gewebe ein, was auffallenderweise beim absoluten Alkohol weniger der Fall ist, weil bei diesem die gerinnende Wirkung vor der Wasserentziehung zur Geltung kommt; man muß aber kleine Gewebsstücke mit einer reichlichen Menge der wirklich wasserfreien Flüssigkeit übergießen. Wimpern und Pseudopodien werden recht getreu erhalten und die Färbbarkeit ist eine ausgezeichnete. Aufbewahrt werden die fixierten Teile in 80 bis 90 %igem Alkohol.

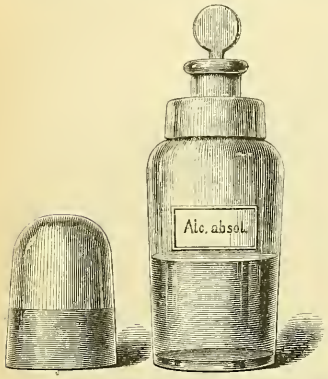


Fig. 66. Flasche mit doppeltem Verschluß für absoluten Alkohol, Chloroform, Äther u. dergl.

Die Flaschen, worin der absolute Alkohol aufbewahrt wird, sollen doppelten Verschluß besitzen und einige Stückchen gebrannten Kalks oder gebrannten Kupfersulfats sollen am Boden liegen, um das aus der Luft absorbierte Wasser aufzunehmen.

Der schwache Alkohol. Außer dem absoluten Alkohol ist nur noch der schwache, etwa 20 bis 30 %ige als Fixierungsmittel empfehlenswert. Kernstrukturen und dergl. gehen allerdings dabei verloren, die gröberen Verhältnisse bleiben aber sehr schön und ohne jedes Einschrumpfen erhalten. Es tritt dasselbe jedoch später ein, wenn der schwache Alkohol durch stärkeren ersetzt wird, weshalb diese Fixierungsmethode nur für Zergliederungen und Zerzupfungen geeignet erscheint.

Die Härtungs- und Konservierungsmittel. Nachdem wir nun die eigentlichen Fixierungsmittel behandelt haben, gehen wir zu denjenigen Reagentien über, welche ihrer langsameren Einwirkung wegen zur momentanen Erstarrung weniger geeignet erscheinen, dagegen bei längerer Einwirkung den Geweben eine gehörige schnittfähige Konsistenz verleihen. Es läßt sich allerdings mit den meisten Fixierungsmitteln eine genügende Härte erreichen, wenn man dieselben auf längere Zeit einwirken läßt; die Härtung ist aber meistens ungleichmäßig, die Teile können leicht bröckelig oder in den feinsten Strukturen angegriffen werden. Anders verhält es sich mit den Härtungsmitteln, deren Wirkung eine langsamere und längere Zeit andauernde ist. Es gehören hierher.

Der 60 bis 90 %ige Alkohol. in welchen man allerdings erst nach ge-

höriger Fixierung durch eines der oben genannten Mittel das Objekt einlegen darf. Die erstarrten Gewebe kommen zunächst in 60 bis 70%igen Alkohol und nach mehrmaligem Wechsel, bis die Säure oder das zuerst angewandte Salz vollständig entfernt ist, in immer stärkeren, bis man sie schließlich zur weiteren Konservierung in 90%igen überführt.

Das Kaliumbichromat. Das doppelt chromsaure Kali ist zu billigsten Preisen in roten Krystallen käuflich, welche für unsere Zwecke genügende Reinheit besitzen. Man stellt sich am besten eine 10% Stammlösung her, die man an einem dunkeln Orte aufbewahrt und nach Bedarf mit Wasser vermischt. Die etwa bis auf 2% verdünnte Lösung giebt ein bisher unübertroffenes und unentbehrliches Mittel ab zur Erhärtung des Zentralnervensystems der Wirbeltiere und höherer Weichtiere. Die Flüssigkeit muß aber stets in sehr reichlicher Menge vorhanden sein und zeitweise gewechselt werden. Einige Kampherstückchen genügen, um der übrigens nicht leicht eintretenden Verschimmelung vorzubeugen.

Man kann nun die Organe direkt in diese Lösung einlegen, wobei jedoch zu beachten ist, daß die Fixierung so langsam vor sich geht, daß die erhaltenen Bilder dem lebendigen Zustande gar nicht oder nur teilweise entsprechen; oder aber man fixiert zunächst die Strukturen durch Chromessigsäure oder dergl. und legt sie erst nachher zur vollständigen Erhärtung in das chromsaure Salz ein.

Rückenmark und Gehirn höherer Wirbeltiere kann man nach Betz' Vorgang in 70%igen Alkohol einlegen, den man durch Jod gelb-bräunlich gefärbt hat; nach einigen Tagen wird der entfärbten Flüssigkeit wieder etwas konzentrierte Jodtinktur zugefügt. Nach 6 bis 10 Tagen legt man die Teile in 3%ige doppeltchromsaure Kalilösung bis zur vollständigen Erhärtung ein, die man an der Bildung eines rotbraunen Niederschlages an der Oberfläche des Präparates erkennt. Die ganze Härtung soll an kühlem Orte, im Sommer sogar im Eiskeller geschehen.

Nach einigen Wochen, deren Zahl von der herrschenden Temperatur abhängt, indem kühle Witterung die Erhärtung verlangsamt, warme Temperatur dagegen beschleunigt, macht man den Versuch, einige Schnitte auszuführen. Ist der richtige Konsistenzgrad erreicht, so muß man sofort zur Ausführung der Schnitte schreiten, weil sonst das Gewebe bröckelig wird.

Ist man gerade verhindert, zur Zeit des richtigen Konsistenzgrades zu schneiden, so kann das Organ nach dem Auswaschen mit Wasser in 70gradigem Alkohol aufbewahrt werden, wobei man jedoch auf die ausnehmend schöne Färbbarkeit der mit dem Alkohol in keinerlei Berührung gekommenen Härtungspräparate Verzicht zu leisten hat. Das Auswässern muß in diesem Falle gründlich geschehen, am besten dadurch, daß man das Präparat mehrere Stunden lang in fließendes Wasser stellt; denn es entstehen sonst in den Geweben körnige Niederschläge, welche sich nicht mehr entfernen lassen. Die erhärtete Substanz erhält alsdann die grünliche Farbe der Chromgelatine und des Chromalbuminats.

Das Ammoniumbichromat. Setzt man der Lösung des chromsauren Kali etwa 1 kcm Ammoniak auf 100 kcm zu, so geht die rotgelbe Färbung in eine hellgelbe über und die Flüssigkeit nimmt andere Eigenschaften an. Das Eindringen geschieht etwas schneller, die Erhärtung wird dagegen um vieles verlangsamt, weshalb man zu 5%igen Lösungen

greifen muß. Sicherer noch verfährt man, wenn man gleich die Lösung mit doppeltchromsaurem Ammoniak herstellt. Vor dem Kalisalz hat diese Lösung gewisse Vorzüge, welche jedoch in den meisten Fällen wenig bemerkbar sind.

Die einfachchromsauren Salze. Das einfachchromsaure Kalium (Robin) und das einfachchromsaure Ammonium (Heidenhain) zu 1 bis 5% besitzen vor den doppeltchromsauren Salzen keinerlei Vorteile.

Mischungen der Chromsalze mit anderen Salzen. Die Müller'sche Flüssigkeit. Zur Härtung der Retina hat sich die Müller'sche Mischung einen gewissen Ruf erworben. Dieselbe besteht aus:

Doppeltchromsaurem Kali .	2 bis 2,5 g
Schwefelaurem Natron . .	1 g
Destilliertem Wasser . .	100 g

Für manche Endigungen der Sinnesorgane mit oder ohne vorhergehende Fixierung mit Osmiumsäure ist diese Flüssigkeit recht brauchbar, hat jedoch zur Härtung von Embryonen, wozu sie vielfach empfohlen wurde, durchaus keinen Wert. Im Brütofen bei 30 bis 40° C. lassen sich die Zentralorgane des Nervensystems der Wirbeltiere in 8 bis 10 Tagen in dieser Flüssigkeit erhärten (Weigert).

Die Erlicki'sche Flüssigkeit. Sehr zweckmäßig und schnell wirkend ist die Erlicki'sche Mischung von doppeltchromsaurem Kali mit Kupfersulfat, welche namentlich zur Härtung des Rückenmarks häufig in Anwendung kommt:

Doppeltchromsaures Kali	2,5 g
Schwefelsaures Kupferoxyd	0,5 g
Destilliertes Wasser . .	100 g.

Eine Rückenmarkportion kann im Brütofen binnen 4 Tagen, bei Zimmertemperatur in 10 Tagen erhärten.

Das Kupfersulfat. Außerdem kann das schwefelsaure Kupferoxyd für sich allein oder in Verbindung mit Essigsäure als Härtungsmittel gute Dienste leisten. Das Zentralnervensystem nimmt in dieser Salzlösung einen hohen Konsistenzgrad an, welcher zur Schnittführung wenig geeignet ist; dagegen sind Amphibieneier in der Mischung des Kupfervitriols mit Essigsäure sehr bequem zu härten.

Die Remak'sche Flüssigkeit. Es besteht die zu diesem Zwecke von Remak empfohlene Mischung nach der von Götte modifizierten Formel aus:

Wässeriger Kupfersulfatlösung zu 2%	50 kcm
25gradigem Alkohol	50 –
Rektifiziertem Holzessig	35 Tropfen.

Das Platinchlorid kommt im Handel als dunkelbraune Flüssigkeit vor. Die einfache wässerige, von Merkel eingeführte Lösung dieses Salzes hat zwar eine schnell fixierende Wirkung, härtet aber nicht gleichmäßig und bietet überhaupt keine besonderen Vorzüge. In Verbindung mit Chromsäure hat dieses Salz dagegen manche Verwendung gefunden.

Die Merkel'sche Lösung. Es besteht diese Merkel'sche Lösung aus:

Chromsäure 1%	100 Raumteile
Platinchlorid 1% in Wasser .	100 –
Destilliertem Wasser	600 –

Zur Härtung pelagischer Fischeier nimmt Whitman:

Chromsäure 1% und Platinchlorid $^1/_4$% zu gleichen Raumteilen.

Das Zinkchlorid wird zur Erhärtung des Gehirns der Säugetiere angewandt, allerdings mehr zur Erhaltung der äußeren Formverhältnisse; für histologische Untersuchungen erscheint dieses Verfahren ganz ungeeignet.

Man nimmt eine wässerige Lösung von solcher Stärke, daß das frisch eingelegte Gehirn schwebend erhalten wird, ohne auf der Flüssigkeit zu schwimmen, wodurch die obere Fläche abgeplattet werden müßte. Nach und nach kann man von der konzentrierten Zinkchloridlösung zusetzen, bis das Gehirn nach einigen Wochen so weit erhärtet ist, daß man es mit der Hand fassen kann. In schwachem und nachher in starkem Alkohol, dem man auch Glycerin zufügen kann, nimmt das Gehirn die Härte eines Gypsmodelles an. Ecker läßt Menschengehirne bloß 3 Stunden lang in 30%iger Zinkchloridlösung verweilen und gleich darauf in Alkohol.

Litteratur.

Vergl. außer den betreffenden Kapiteln in Bizzozero, Handbuch der klinischen Mikroskopie. Deutsch von Lustig und Bernheimer. 1. Bd. 8°. Erlangen, Besold 1883.

Beale, How to work with the Microscope etc. — Duval, Précis de Technique microscopique. — Flemming, W., Zellsubstanz, Kern- und Zellteilung. — Frey, Das Mikroskop. — Friedländer, Mikroskopische Technik. — Orth, Kursus der normalen Histologie. — Ranvier, Traité technique d'histologie. — Robin, Traité du Microscope. — Fol, H., Ein neues Kompressorium. Morpholog. Jahrb. 2. Bd. S. 440. 1876. — Selenka, E., Keimblätter und Organanlage der Echiniden. Zeitschr. f. w. Zool. 33. Bd. p. 41. 1879. — Giacomini, Nuovo processo per la conservat. del Cervello. R. Acad. di Medicina di Torino. 1878. — Paulier, A., Nuovo metodo per studiare il midollo spinale. Giorn. internaz. Sc. med. T. 1. p. 16. 1879. — Rolleston, G., Note on the preservation of encephala by Zinc Chloride. Journ. of Anat. 13. Bd. p. 232. 1879. — Lang, A., Nachträge über Sublimatlösung. Zool. Anzeig. Nr. 19. S. 46. 1879. — Rawitz, B., Die Ranvierschen Einschnürungen etc. (Javelle-Wasser.) Arch. f. Anat., anat. Abteilg. S. 72. 1879. — Candereau, Sur un procédé nouveau de dissociation des Glandes. Gaz. médic. p. 577. 1879. — Mayer, P., Über die in der Zool. Stat. zu Neapel gebr. Methoden zur mikroskopischen Untersuchung. Mitteil. Zool. Stat. Neapel. 2. Bd. 1. Hft. 1880. — Pacini, F., Sur quelques Méthodes de Préparation et de Conservation. Journ. de Micrographie. 4. Jahrg. p. 136. 191. 235. 1880. — Holman, D. S., Life Slides. Journ. R. Micr. Soc. 1. Bd. p. 143. 1881. — Altmann, R., Einige Bemerkungen über histologische Technik. (Fixieren von Keimscheiben.) Arch. f. Anat. u. Phys., anat. Abteil. S. 219. 1881. — Mayer, P., Noch einmal *Wagnerella borealis* (Entkieseln). Zool. Anz. Nr. 97. S. 592. 1881. — Fol, H., Ein Beitrag zur Technik für Zoologen am Meeresstrande. Zool. Anz. 5. Jahrg. S. 698. 1882. — Noll, F. C., Eau de Javelle als Mittel zum Entfernen der Weichteile aus mikroskopischen Präparaten. Zool. Anz. 5. Jahrg. S. 528. 1882. — Rabl-Rückhardt, Gehirn der Knochenfische. (Erhärtung der Fischembryonen.) Arch. f. Anat. u. Phys., anat. Abteil. p. 110. 1882. — Perényi, J., Über eine neue Erhärtungsflüssigkeit. Zool. Anz. 5. Jahrg. S. 459. 1882. — Weigert, C., Über Schnellhärtung des zentralen Nervensystems. Zentralbl. f. d. Med. Wiss. 20. Jahrg. S. 735 u. 772. 1882. — Blanc, H., Encore une Méthode pour conserver les protozoaires. Zool. Anz. 6. Jahrg. S. 22. 1883. — Fol, H., Beiträge zur histologischen Technik. Zeitschr. f. w. Zool. 38. Bd. S. 491. 1883.

Sechster Abschnitt.

Die Herstellung mikroskopischer Präparate.

Mit dem besten Fixieren der Gewebe wäre wenig gewonnen, wenn man sie nicht kunstgerecht zu zerlegen wüßte, um die innere Struktur der optischen Analyse des Mikroskopes zugänglich zu machen. Diese Zerkleinerung läßt sich nun auf zweierlei Art ausführen, durch Zerzupfen nämlich und durch Herstellung dünner Scheiben mit dem Rasiermesser. Die erhaltenen Teilchen müssen alsdann in passenden Medien auf einem Objektträger aufgestellt und, nachdem das Deckgläschen aufgelegt ist, nötigenfalls noch eingeschlossen werden. Die Einzelheiten dieser verschiedenen Operationen wollen wir nun der Reihe nach besprechen.

Das Abschaben und Zerzupfen. Es richtet sich diese Operation ganz und gar nach der Beschaffenheit der Gewebe, die man zu isolieren wünscht. Epithelien kann man nach gehöriger Fixierung leicht mit einer Messerklinge in größeren Fetzen abschaben. Faserige Teile, deren Zusammenhang erhalten werden soll, zerreißt man auf dem Objektträger in einem Tropfen Flüssigkeit.

Anfänger nehmen stets zu große Stücke und zerzupfen sie, bis das ganze Sehfeld mit Fetzen bedeckt ist; man soll nur möglichst kleine Stückchen nehmen, das Zerzupfen mit geeigneten Instrumenten (s. S. 7) bedachtsam ausführen und ja nicht aufs Geratewohl hineinreißen. Fasern suche man an ihrem freien Ende zu fassen und langsam auseinanderzuziehen u. s. w. Gelingt das Präparat nicht, so stelle man sich ein anderes her und fahre fort, bis Zufall oder Geschicklichkeit ein Bild hervorbringen, das den gewünschten Aufschluß giebt. Das Zerzupfen kann man übrigens an dünnen Schnitten ausführen, z. B. bei Aufsuchung des Zusammenhangs zwischen den verschiedenen Elementen der Retina.

Das Auspinseln. Gerüstartige Strukturen mit eingelagerten Zellen bringt man zuweilen recht schön zur Anschauung, indem man dünne Schnitte herstellt und mit einem mit Glycerin oder Essigsäure getränkten weichen Pinsel, dem man die Spitze abgeschnitten hat, bei leichter Führung hin und her fährt, bis die meisten der eingelagerten Zellen frei geworden sind. Es ist hierbei vorteilhaft, die Ränder des Schnittes mit einem aufgelegten durchlöcherten Papiere festzuhalten.

Das Mazerationsverfahren. Die Zerzupfung frischer oder regelrecht fixierter Gewebe führt nur selten zum Ziele, weil die Zellen in den meisten Fällen so miteinander verbunden sind, daß die Trennung ohne Zerreißung kaum gelingt. Das Isolieren der Elemente kann man aber dadurch bedeutend erleichtern, oder bisweilen sogar ohne Instrumente durchführen, daß man die Gewebeteile mit chemischen Mitteln behandelt, welche die Zwischensubstanz auflösen, den zu isolierenden Teilen dagegen eine größere Konsistenz verleihen. Diese sogenannten Mazerationsmittel gehören zu den Reagentien, deren Wirkung auf einem verschiedenartigen chemischen Verhalten der Teile beruht. Eine besondere Erwähnung verdienen folgende Mittel:

Das Abkochen. Das kochende Wasser oder kochende Salzlösungen. Die Gewebestücke werden in einen mit der Flüssigkeit gefüllten Glaskolben gegeben, dem man einen von einer langen, senkrecht stehenden Glasröhre durchsetzten Stöpsel aufsetzt. Der Dampf schlägt sich an den Wänden der Röhre nieder und fließt in den Kolben zurück, wodurch einem Austrocknen vorgebeugt wird. Nach stundenlanger Abkochung (bis 3 Stunden und darüber) werden die Teile, wenn sie nicht bereits auseinander gefallen sind, mit Nadeln zerzupft. Leimgebende Substanzen und Extraktivstoffe sind in Lösung übergegangen, das Horn erweicht, Eiweißstoffe dagegen fest geronnen.

Außer Wasser, welches die Struktur zu stark verändert, ist von Caudereau eine Salpeterlösung oder besser ein Gemenge einer solchen mit Müller's Flüssigkeit empfohlen worden:

300 kcm Müller'sche Flüssigkeit und 600 kcm Wasser werden gemengt und etwa 30 bis 35 g Salpeter (Kalisalpeter) zugesetzt. Die vorher kurz mit Osmiumsäure fixierten Gewebe werden in dieser Flüssigkeit einer dreistündigen Abkochung unterworfen.

Der 30%ige Alkohol. Den 30%igen Alkohol (»Alcool au tiers« von Ranvier), stellt man sich dadurch her, daß man gewöhnlichen 90%igen Alkohol mit dem zweifachen Volumen Wasser vermischt. Die möglichst zerkleinerten Gewebestückchen werden in eine größere Quantität dieser Mischung eingelegt oder, besser noch, an einem Bindfaden in schwebender Lage aufgehängt. Ist die Mazeration nach ein paar Tagen noch nicht genügend fortgeschritten, so wechsle man die Flüssigkeit, welche sonst leicht in Fäulnis übergeht. Ein nachheriges Zerzupfen ist bei dieser Methode stets notwendig.

Verdünnte Fixierungsmittel. Andere Fixierungsmittel in größter Verdünnung lassen sich ebenfalls zu Mazerationszwecken verwenden, so z. B. die Chromsäure zu $^1/_2$ bis 1 pro mille, oder die ebengenannten Chromessig- und Chromessigosmiumsäuremischungen mit 10 bis 20 fachen Wassermengen versetzt. Eine Osmiumessigsäurelösung haben die Gebrüder Hertwig mit gutem Erfolge bei Seetieren angewendet. Dieselbe besteht aus:

Seewasser 1000 Teile, Essigsäure 2, Osmiumsäure $^1/_5$.

Nach 5 bis 15 Minuten werden die Organteile abgewaschen und in verdünntem Glycerin aufbewahrt. Mark nimmt nur 1 ‰ Essigsäure, wäscht aber nachträglich mehrere Stunden lang in Wasser, das mit Essigsäure zu 5 ‰ angesäuert ist, und legt schließlich in eine Mischung gleicher Raumteile Glycerin und Wasser mit etwas Karbolsäure bis zur vollständigen Auflockerung ein. Die zerzupften Teile kann man nach Herstellung des mikroskopischen Präparates durch Aufschlagen auf das Deckgläschen vollends auseinander treiben.

Verdünnte Erhärtungsmittel. Verdünnte Erhärtungsmittel, wie z. B. das Kaliumbichromat allein oder mit Kupfersulfat vermischt u. a. m., können nach kurzer Einwirkung durch 1%ige Schwefel- oder Salzsäure ersetzt und die Auflockerung in 1%iger Chlorallösung (Pauler) oder in verdünntem Glycerin vervollständigt werden.

Eingreifende Mazerationsmittel. Von geringerer Bedeutung sind die-

jenigen Mittel, welche die Elemente aus ihrem Verbande zwar vollständig lösen, dabei aber deren Erhaltung gefährden und das natürliche Aussehen stets bedeutend verändern. Es gehören hierher:

Das Eau de Javelle oder Solutio natri hypochlorici mit überschüssigem Chlorstoff der Pharmakopoe. 8 Tropfen der offizinellen Lösung auf 100 kcm Wasser vermögen in 24 Stunden Nerven und Muskeln derart zu mazerieren, daß ein einfaches Schütteln der Flasche alle Fasern auseinander bringt. Mit stärkeren Lösungen wird das Ziel in noch kürzerer Zeit erreicht.

Recht bequem ist dieses Mittel, um Kieselskelette von Schwämmen oder von Radiolarien von den Weichteilen zu befreien, ohne den Zusammenhang des Kieselskelettes zu zerstören. Auch Kalkskelette kann man auf diese Weise reinigen, wobei jedoch die Oberfläche der Kalkteile stets etwas angenagt wird. Es wird dieses Mittel ferner von Altmann empfohlen, um sogenannte Korrosionspräparate mit Öl injizierter Teile herzustellen. Man zerlegt dabei die in Osmiumsäure gehärteten Gewebe in Schnitte und bringt sie in starke Javellelösung, wobei man den Fortschritt der Einwirkung unter dem Mikroskop verfolgt, zeitig unterbricht und dann das Präparat in Glycerin überträgt.

Salpeter- und Salzsäure. Etwas schonender für histologische Präparate ist die zur Isolierung glatter Muskelfasern vielfach gebrauchte Salpetersäure, sowie die von Krauss vorgeschlagene Mischung von Salz- und Salpetersäure, das sogenannte Königswasser. Mit letzterer Säure namentlich kann man recht brauchbare Präparate von Nervenzellen, glatten Muskelfasern, Linsenfasern, ja sogar von Knorpelzellen und Knochenkörperchen erhalten. Zur Korrosion der mit Colloïdin- und Asphaltlösung in Äther injizierten Gewebe benutzt Schiefferdecker die Salzsäure in verschiedener Stärke.

Alkalische Lösungen. Anstatt der Säuren kann man umgekehrt alkalinische Lösungen gebrauchen, worin leimgebende Substanzen ebenfalls löslich sind. Es eignen sich besonders zu diesem Zwecke:

Das Kalk- und Barytwasser. Das Barytwasser, welches den fibrillären Zerfall von Nerven, Muskeln und Bindesubstanzen schon nach 6 Stunden bewirkt. Durch Kalkwasser erhält man dasselbe Resultat, jedoch nach einigen Tagen; erstere Flüssigkeit verdient daher den Vorzug, weil die kürzere Einwirkung die Strukturverhältnisse minder tief angreift.

Die Kalilauge. Zur schnellen Auflockerung frischer Gewebe kann man auch die Kalilauge anwenden, und zwar eine 20 bis 30 %ige Lösung, welche sonderbarerweise die Elemente kurze Zeit bestehen läßt, während schwächere Lösungen dieselben fast augenblicklich zu grunde richten.

Die Lösung soll in gut verschlossenen Büchsen aufbewahrt und nach einigen Monaten erneuert werden, weil sie die Kohlensäure aus der Luft anzieht und das kohlensaure Salz eine ganz andere Wirkung äußert. Zur Herstellung der Lösung nimmt man das in Stücke geschmolzene Ätzkali, das im Handel vorkommt; es soll ebenfalls gut verschlossen und nicht zu alt sein.

Die Natronlauge kann in schwächeren Lösungen dasselbe leisten wie die Kalilauge; da sie jedoch das Glas in kurzer Zeit angreift und nicht mehr leistet als das Kali, so können wir sie wohl bei seite lassen.

Das Zertrümmern der Gewebe. Statt die Gewebe aufzulockern, kann man sie im Gegenteil zur äußersten Brüchigkeit bringen und durch Druck und Reibung zertrümmern. Es kommen hierbei allerdings nur selten die Zellen zum Vorschein, wohl aber Bruchstücke von solchen, und zwar treten die Bruchlinien in so konstanten und gesetzmäßigen Richtungen auf, daß man aus diesem Verhalten weitgehende Schlüsse über deren innere Struktur zu ziehen berechtigt ist.

Zu solchen übermäßigen Härtungen eignen sich starke Chromsäurelösungen (5 bis 6%), ferner Osmiumsäure und Nachbehandlung mit Kaliumbichromat (5 bis 10%) oder mit Erlicki'scher Mischung. Die größte Härte und Brüchigkeit ergiebt aber das Eisenperchlorid (Englische Tinktur 1 Teil, 80%iger Alkohol 1 Teil) mit darauf folgendem kurzem Auswaschen in oxalsaurem Alkohol und Einlegen in absoluten Alkohol.

Die mit Nadeln zerrissenen Gewebe werden als mikroskopische Präparate aufgestellt und nun mittelst Bewegung des Deckglases gerieben, bis die Stückchen vollends zertrümmert sind. Durch das Mikroskop kann man die Art und Weise, wie der Zerfall stattfindet, verfolgen und daraus wichtige Schlüsse ziehen.

Die Sprengmethode. Es ist hier der Ort, einiges über die Methoden zu sagen, die man bei Sprengung harter Teile anwendet, um aus den Bruchrichtungen auf die innere Struktur der Hartgebilde zu schließen. Eigens zu diesem Zwecke fabrizierte Kompressorien finden sich bei allen Mikroskophändlern, und zwar meistens der Valentin'sche Apparat, bei dem das dicke Deckglas in einem beweglich an einem Hebelarme eingelenkten Metallringe eingefügt ist. Den Hebel setzt eine kleine Schraube in Bewegung, welche einen zwischen den zwei dicken Glasplatten befindlichen harten Gegenstand ohne Mühe unter dem Mikroskope zersprengt. Heutzutage wird dieser Apparat nur selten gebraucht.

Will man aus einem Zahn oder Knochen die weichen Teile extrahieren, so kann man einen gewöhnlichen Schraubstock gebrauchen (Boll) und die herausgequetschten Weichteile weiter behandeln und untersuchen.

Das Entkalken. Anstatt die harten Teile zu zerbrechen, kann man sie aber auch durch chemische Mittel auflösen und entfernen. Kalkablagerungen, wie z. B. die der Knochensubstanz, kann man durch längere Einwirkung von wässerigen Chromsäure- oder Pikrinsäurelösungen gänzlich beseitigen. Es gehören aber dazu große Mengen der Lösung, die man öfters wechseln muß, weil der chromsaure resp. pikrinsaure Kalk nur schwer löslich sind. Kalkreiche Gewebe, namentlich kompakte Knochen, erfordern eine äußerst langdauernde Behandlung, worunter die allerdings fixierten Weichteile leiden können. Man hat daher einen Zusatz von Salpetersäure zur Chrom- und Pikrinsäure empfohlen.

Seiler setzt seine Lösung zusammen aus:

Chromsäure 1%	70	Raumteile
Salpetersäure .	3	–
Wasser . . .	200	–

Man kann auch Knochenstückchen in starker Osmiumsäure gehörig fixieren und nachher in Ameisen- und Salzsäure zu 1 bis 2% entkalken. Oder aber man fixiert in der Kleinenberg'schen Pikrinschwefelsäure und entkalkt in der Pikrinsalpetersäure. Wir ziehen es im allgemeinen vor, die Gewebe zuerst zu fixieren und nachher in einer wässerigen Säuremischung zu entkalken. Beide Operationen zu einer einzigen verbinden zu wollen, indem man in saurem Alkohol fixiert, halten wir für wenig praktisch, weil das entweichende kohlensaure Gas die noch unfixierten Gewebe in falsche Lagerung bringt. Unter allen Säuren verdient die Salpetersäure den Vorzug, weil die sonst in betracht kommende Schwefelsäure den schwer löslichen Gyps in Krystallform ausscheidet, die Salzsäure dagegen Quellungen an den Elementen hervorruft.

Das Entkieseln. Kieselhaltige Tiere, wie Radiolarien oder Kieselschwämme, kann man nach P. Mayer's Vorgang nach gehöriger Fixierung in schwachen Alkohol bringen und mit Fluorwasserstoff, den man tropfenweise vorsichtig zusetzt, von ihren Kieselskeletten befreien und schnittfähig machen. Die Operation soll in freier Luft in Kautschuk-, Guttapercha- oder Bleigefäßen vorgenommen werden. Vor Einatmen der äußerst giftigen Säure nehme man sich wohl in acht.

Die Schnittmethoden. Noch allgemeinerer Anwendung erfreuen sich die in neuerer Zeit so sehr vervollkommneten Schnittmethoden. Trotz ihrer unverkennbaren Vorzüge darf jedoch die so bequeme Anfertigung von Schnitten die Dissociationsmethoden nicht verdrängen; es haben sich vielmehr beide Methoden zu ergänzen, und um ein richtiges Gesamtbild zu erhalten, sollte man ihre verschiedenen Leistungen stets miteinander vergleichen und kombinieren.

Dünnschliffe durch Hartgebilde. Eine besondere Technik erfordert die Anfertigung dünner Schnitte durch die Hartgebilde. Letztere hat man zuerst von den anhängenden Weichteilen zu befreien, zu reinigen und trocknen zu lassen. Hierauf schneidet man entweder mit der Laubsäge, oder mit der Kante einer dünnen, an der Drehbank angebrachten eisernen Scheibe, die man mit nassem Schmirgel speißt und in schnelle Rotierung versetzt. Die gewonnene dünne Scheibe wird nun auf einer Glasplatte mittelst eingedickten Canadabalsams befestigt, den man vorher durch Erhitzen verflüssigt hat. Der Balsam soll so fest sein, daß er beim Erkalten sofort die Festigkeit des Siegellacks annehme. Das befestigte Präparat wird nun mit der Hand auf einer mit Schmirgel versehenen Metallplatte gerieben, wobei man darauf zu achten hat, daß die Glasplatte genau horizontal gehalten werde; oder man kann die Seitenfläche der dünnen Eisenscheibe an der Drehbank benutzen. Die geschliffene Fläche wird noch auf einem Schleifsteine geebnet, abgewaschen und an der Luft (nicht mit einem Tuche) abgetrocknet. Das auf einer Seite fertig geschliffene Präparat wird nun durch Benzin oder Chloroform von seiner Unterlage gelöst und wieder so aufgeklebt, daß die ungeschliffene Fläche frei bleibe. Diese schleift man nun genau in derselben Weise herunter; wie

weit man gehen soll und darf, hängt natürlich von der Beschaffenheit des Gegenstandes, sowie von der Feinheit der Strukturen ab, die man zur Anschauung zu bringen wünscht. Der Dünnschliff wird wieder abgewaschen, getrocknet und mit Balsam bedeckt, ohne ihn zum zweiten Male von der Unterlage zu trennen.

Ähnlich verfährt man nach v. Koch mit Präparaten, welche aus Hart- und Weichgebilden zugleich bestehen. Es müssen freilich in diesem Falle die Weichteile durch passende Einbettung dieselbe Härte erlangen, wie die härtesten Teile des Präparates, wovon weiter unten die Rede sein soll.

Direkte Schnitte durch frische Gewebe. Nur die wenigsten Gewebe besitzen von vornherein solche Konsistenz, daß man sie ohne weiteres im frischen Zustande mit dem Rasiermesser in dünne Schnitte zerlegen kann. Knorpel und in geringerem Grade auch dickere Sehnen, Kornea und Sklera, Leber und Niere besitzen jene angenehme Eigenschaft. Alle übrigen Gewebe müssen erst künstlich zur gewünschten Konsistenz gebracht werden, ehe man das Messer zur Hand nimmt. Das Schneiden ungehärteter Gewebe mit dem Valentin'schen Doppelmesser mag für pathologische Zwecke genügen, findet aber in der vergleichenden mikroskopischen Anatomie keine nennenswerte Anwendung.

Das Eintrocknen. Die einfachsten Härtungsmethoden bestehen im Trocknen und Gefrieren. Trockene Gewebe dürfen nicht so weit eingetrocknet sein, daß sie beim Schneiden in Stücke zerbrechen. Man faßt sie zwischen zwei Stückchen Hollundermark oder Kork ein, die man in einen kleinen handlichen Schraubstock einzwängt, und zwar wählt man das eine oder das andere, je nachdem es der Konsistenz des zu schneidenden Stückes am nächsten steht. Die Schnitte werden aus freier Hand ausgeführt, in Wasser oder in schwacher Essigsäure oder Kalilösungen zum Aufquellen eingelegt und aufgestellt. Solche Schnitte ergeben natürlich nur höchst unvollkommene Bilder, welche nur zur allgemeinen Übersicht bei schwachen Vergrößerungen dienen können. Die Haut höherer Wirbeltiere, wenn sie vor dem Eintrocknen in Essig kurze Zeit abgekocht worden ist, bleibt trotz des Eintrocknens noch so weit erhalten, daß man die gröberen Verhältnisse recht gut übersehen kann.

Das Gefrieren. Das Gefrieren hat erst in neuerer Zeit, seit der Erfindung der Schnellgefriermikrotome, eine ausgedehnte Verwendung gefunden. Das betreffende Objekt, welches nicht zu dick sein darf, wird auf einer gefurchten Metallplatte, die man von unten her durch Ätherspray unter den Gefrierpunkt des Wassers bringt, erstarrt. Die erhaltenen Schnitte werden vor dem Auftauen schnell vom Rasiermesser abgenommen, und entweder im gefrorenen Zustande oder erst nach dem Auftauen fixiert, oder direkt im frischen Zustande in Kochsalzlösung unter das Mikroskop gebracht. Eine jede der genannten beiden Methoden hat Vorteile und Nachteile aufzuweisen. Ihr wesentlicher Nachteil ist der, daß sich Eiskrystalle nicht nur zwischen den einzelnen Gewebspartieen,

sondern sogar innerhalb der Zellen bilden. Wird das Gewebe vor dem Auftauen fixiert, so zeigen sich kleine Hohlräume an allen Stellen, wo diese Krystalle lagen; wird das Gewebe dagegen aufgetaut, so nimmt es wieder ein natürliches Aussehen an, das man auch fixieren kann, welches aber zu falschen Vorstellungen verleitet, da es mit der Struktur lebender Gewebe doch nicht übereinstimmt.

Anwendung der Gefriermethode. Es empfiehlt sich die Gefriermethode zur raschen Herstellung von Übersichtspräparaten, zur Beantwortung von Fragen, die sich beim Sezieren aufdrängen, zur Vermittlung des richtigen Verständnisses der Lagerungsbeziehungen der Organe und Organteile; künstliche Höhlungen und Verlagerungen, wie sie infolge der regelrechten Härtung durch chemische Mittel nur allzu oft entstehen, werden durch dieses Verfahren vermieden. Den Anforderungen der eigentlichen Histologie dürften jedoch gefrorene Gewebe durchaus nicht entsprechen, sie sollten bloß zur vorläufigen Untersuchung dienen, bis gute Erhärtungspräparate zur Vergleichung herangezogen werden können.

Direkte Schnitte durch gehärtete Teile. Die wenigsten tierischen Organe besitzen ein so gleichmäßiges Gefüge, daß sie sich nach gehöriger Härtung ohne weiteres zur Schnittführung eignen. Der Zunge, der Leber und dem Rückenmark großer Wirbeltiere, dem Fuße der Weichtiere kann man mit Kaliumbichromat oder Alkohol einen so richtigen Konsistenzgrad verleihen, daß sie sich im nassen Zustande in dünne, zusammenhängende Schnitte zerlegen lassen.

Das Einfassen und Einschmelzen. Das betreffende Organ faßt man in Hollundermark ein und schneidet mit einem scharfen Rasiermesser, dessen Klinge mit Alkohol reichlich benetzt wird, entweder aus freier Hand, oder mit Hilfe eines Mikrotoms.

Kleine Organe oder Eier, die sich schwerlich in Hollundermark festhalten lassen, können in Leberstückchen eingelegt und das Ganze durch chemische Mittel erhärtet werden. Die Schnitte werden mit dem Messer ausgeführt, als hätte man bloß Leberschnitte herzustellen, und nachträglich befreit man mittelst Nadeln die Schnitte des Objektes von der umgebenden Masse. Es gelingt jedoch nicht, bis an das untere Ende des Objektes zu schneiden, da es in der Lebersubstanz doch bloß eingeschlossen liegt und mit ihr keinen festen Verband eingeht. Bereits gehärtete Organe kann man ohne weiteres in geschmolzenes Paraffin eintauchen, welches beim Erkalten zur festen Masse erstarrt.

Dem lästigen und zeitraubenden Benetzen des Messers hat Thanhoffer durch die sinnreiche Konstruktion eines Irrigationsmessers abgeholfen.

Dem Messerrücken entlang läuft ein Rohr, aus welchem zahlreiche Löcher den Zufluß der Flüssigkeit vermitteln. Es wird dieselbe aus einem etwas höher gestellten Gefäße durch ein Kautschukrohr und ein im Griffe des Messers verborgenes Röhrchen zugeführt. Zur Regulierung des Zuflusses dient ein Hahn, sowie das höhere oder niedrigere Stellen des Behälters. Die Flüssigkeit schwemmt die Schnitte ohne weiteres in ein untergestelltes Gefäß.

Das Einbetten. Zur Schnittführung ungleich günstiger sind diejenigen Massen, welche das Objekt im flüssigen Zustande durchdringen und beim Erstarren mit demselben ein festes homogenes Kontinuum bilden. Für diese Operation wollen wir den allgemein angenommenen Namen Einbettung gebrauchen — obgleich der Ausdruck nicht recht bezeichnend ist — und ihn der bloßen Einfassung oder Einschmelzung gegenüberstellen.

Es lassen sich diese Massen in zwei Gruppen einteilen, je nachdem sie ein noch nasses oder ein erst vollkommen entwässertes Objekt zu durchdringen vermögen. Zur ersteren Kategorie gehören das Gummi, das Albumin, die Gelatine und die Seife; zur zweiten kann man das Kollodium, das Paraffin und die Wachs- und Fettmassen rechnen.

Die Gummieinbettung. Die gehörig fixierten Teile werden nach Klebs in eine dickliche wässerige Auflösung von Gummi arabicum von syrupartiger Beschaffenheit eingelegt und, je nach der Größe des Stückes, ein paar Stunden bis einige Tage darin belassen, bis die Lösung in die tiefsten Partieen eingedrungen ist. Hierauf wird das Objekt in starken und nötigenfalls noch in absoluten Alkohol eingelegt, bis die Gummimasse die gehörige schnittfähige Konsistenz erlangt hat. Geschnitten wird unter Alkohol und die Schnitte werden in destilliertes Wasser gebracht, wo das Gummi sich wieder auflöst und den Schnitt frei läßt; oder aber man spült sie nur oberflächlich mit Wasser ab und stellt die Schnitte direkt in dem Farrant'schen Medium auf.

Man kann aber auch die Gummilösung mit Glycerin versetzen und samt dem eingelegten Objekte an der Luft eintrocknen lassen, bis die gehörige Konsistenz zum Schneiden mit trockener Klinge erreicht ist. Manche ziehen vor, auch in diesem Falle das Messer mit Alkohol zu benetzen.

Sehr zarte Gegenstände legt Hertwig in eine mit Wasser stark verdünnte Gummiglycerinlösung, die er so lange an der Luft stehen läßt, bis die Masse zur Konsistenz eines steifen Syrups gelangt ist; die Härtung wird in Alkohol vervollständigt. Die Durchtränkung geschieht so langsam und allmählich, daß sich keine nennenswerte Schrumpfung bemerkbar macht. Die fertigen Schnitte werden in destilliertes Wasser gelegt, bis das Gummi aufgelöst ist, wobei die beim Eintrocknen zusammengeschrumpften Teile wieder ihre natürliche Ausdehnung gewinnen und weiter behandelt werden können.

Die Glycerinmenge, die man dem Gummischleim zusetzen muß, hängt natürlich von der Konsistenz des Schleimes ab; im allgemeinen darf dieselbe nicht mehr als den vierten Teil des Gesamtvolums betragen. Man stellt am besten die Lösung in einem Uhrschälchen unter einer Glasglocke gegen Staub geschützt auf und daneben, unter derselben Glocke, ein zweites Uhrglas mit einigen Stücken geschmolzenen Chlorkalciums, welches die Feuchtigkeit absorbiert und das Eintrocknen beschleunigt. In eiligen Fällen kann man nach Lacaze-Duthiers' Vorschlag den käuflichen Mundleim gebrauchen, den man in Wasser etwas einweichen läßt. Die mit Gummilösung durchtränkten Teile werden am Rande des Mundleims aufgelegt, mit einem

zweiten aufgeweichten Mundleimblättchen bedeckt und nun dem Trocknen überlassen, wobei man jedoch den gehörigen Konsistenzgrad abpassen muß.

Damit das Leimstück hinreichend austrockne, um dasselbe mit der Hand anfassen zu können, ohne daß der das Objekt einschließende Teil zu spröde wird, legt man das Stück in der Weise zum Trocknen hin, daß der größte Teil der freien Luft ausgesetzt wird, während nur das Ende, das man zu schneiden hat, innerhalb einer angefeuchteten Glasglocke zu liegen kommt.

Die Nachteile der Gummimethode bestehen in der Schwierigkeit, den Moment abzupassen, wo die gewünschte Konsistenz erreicht ist, ferner in der schlechten Färbbarkeit der ausgewaschenen Schnitte und endlich im Auseinanderfallen aller nicht fest miteinander verbundenen Teile nach Entfernung des Gummis. Von Vorteil ist dagegen die geringe Veränderung der histologischen Struktur, weil die gesamten Operationen ohne Wärmeanwendung stattfinden.

Die Glycerinleimeinbettung. Nach Klebs kann man die erhärteten Teile ebenfalls in eine mit Glycerin versetzte dicke Leimlösung einlegen und so lange warm halten, bis die Masse völlig durchdrungen ist. Beim Erkalten gesteht die Auflösung zu einer festen, glasartig durchsichtigen Gallerte, die man so ausschneidet, daß das Objekt den Grenzflächen des Stückes gegenüber sich in der gewünschten Lage befinde. Dasjenige Stück, welches den Gegenstand enthält, erhärtet man in 90%igem und schließlich in absolutem Alkohol, wobei man wiederum nach wenigen Tagen den richtigen Konsistenzgrad abpassen muß. Die Schnitte werden mit Alkohol ausgeführt und in starkem Glycerin oder Farrant's Medium oder Glycerinleim aufbewahrt.

Den Glycerinleim stellt man sich folgendermaßen her: Die reine farblose, in dünnen Blättern käufliche Gelatine wird in Stücke zerschnitten und ein paar Stunden in kaltem Wasser eingeweicht. Das Wasser gießt man alsdann bis zum letzten Tropfen ab und läßt die gequollene Gelatine im Wasserbade schmelzen. Diese Auflösung wird mit dem gleichen Volumen konzentrierten Glycerins versetzt, umgerührt und in ein gut verschlossenes Gefäß gegossen. Nach dem Erstarren werden ein paar Kampherstückchen zugegeben, um die Schimmelbildung zu verhüten. Die Masse, aus der man jedesmal die zum Gebrauche nötige Menge herausschneidet, hält sich jahrelang unverändert.

Die Nachteile dieser Methode bestehen darin, daß man die Schnitte nicht mehr färben kann, und daß sie im Glycerin etwas aufquellen und nicht ganz flach liegen bleiben. Die Vorteile dagegen bestehen in der leichten Orientierung des eingeschmolzenen Objektes und dem Festhalten aller zusammenhangslosen Teile.

Die Albumineinbettung. Die fixierten Organe wäscht man gehörig mit Wasser aus, weil die geringste Spur von Alkohol oder härtenden Säuren das Eiweiß zur Gerinnung bringt und das Eindringen desselben verhindert. Die Teile müssen alsdann, in die gewünschte Lage gebracht, im Eiweiße bis zur vollständigen Durchtränkung verbleiben, das Albumin wird mittelst heißer Alkoholdämpfe zur Gerinnung gebracht und dann in starkem und schließlich in absolutem Alkohol erhärtet, wozu mehrere Tage erforderlich sind. Man führt die Schnitte mit dem nassen Messer aus und stellt sie sofort in Glycerin oder Glycerinleim auf. Es läßt sich aber auch das ganze Stück, wenn es nicht allzu groß ist, aus dem absoluten Alkohol in Nelkenöl einlegen. Nachdem die ganze Masse durchsichtig geworden ist, führt man die Schnitte in Nelkenöl aus, indem man die

Klinge mit jener Flüssigkeit benetzt. Die Schnitte werden alsdann von der Klinge auf den Objektträger geschoben und in Harzen aufbewahrt.

Die zu dieser Methode erforderliche Eiweißlösung stellt man sich aus dem zu Schnee geschlagenen, abgesetzten und mit etwas Wasser vermengten Eiweiß dar; oder aber man löst etwas trockenes käufliches Eiweiß in destilliertem Wasser auf. Besser noch als diese einfachen Lösungen sind Bunge's und Calberla's Emulsionen. Wir lassen Calberla's Vorschrift im Auszuge folgen:

Von einigen Hühnereiern trennt man den Dotter vom Eiweiß, entfernt die Chalazen und zerschneidet das Eiweiß mit einer Schere. Letzteres wird dann zu 15 Teilen mit 1 Teil einer 10%igen Lösung kalzinierter Soda (kohlensauren Natrons) versetzt und lebhaft geschüttelt; man fügt noch die zu dem Eiweiß gehörige Dottermasse hinzu und schüttelt alles intensiv durcheinander, gießt in ein tiefes Gefäß, läßt einen Augenblick absetzen und entfernt mit einem Papierstreifen den Schaum mitsamt den Dotterhautfetzen. Einfacher verfährt Thoma, indem er den Inhalt einiger Eier in einem Mörser zusammenstampft und die homogen gewordene Masse durch ein nasses Tuch koliert.

Nach Davidoff und Ruge kann man zur Herstellung der Masse die Soda weglassen, Dotter und Eiweiß miteinander vermischen und für jedes Ei 8 bis 10 Tropfen Glycerin zusetzen.

Das ausgewässerte und mit Albumin durchtränkte Objekt stellt man auf ein Stück bereits gehärteter und ebenfalls ausgewässerter und mit frischer Lösung durchtränkter Masse in gewünschter Lage auf, bedeckt dasselbe nötigenfalls noch mit einer Scheibe von der gleichen Masse und stellt das Ganze in einem Papierkästchen auf, das man mit der Lösung etwa $1^1/_2$ bis 2 cm hoch anfüllt.

Die Gerinnung der Mischung bewerkstelligt man am besten nach Thoma's Vorgang mittelst lauwarmer Alkoholdämpfe, weil heißer Alkohol die Bildung zahlreicher und störender Luftblasen in der gerinnenden Masse hervorruft. Den Spiritus enthält ein auf dem Wasserbade nicht über 30° erwärmter Napf; das Papierkästchen mit dem Objekte stellt man oberhalb des Napfes auf ein Drahtgitter und bedeckt noch das Ganze mit einer Glasglocke. Die Gerinnung erfordert allerdings mehrere Stunden, aber die Masse zeigt sich vollkommen homogen und von gummiartiger Konsistenz. In 90%igem Alkohol, den man ein paar mal erneuert und schließlich durch absoluten Alkohol ersetzt, kann man den richtigen Konsistenzgrad erreichen. Die Schnitte werden feucht unter Alkohol ausgeführt und können in Wasser, Glycerin, Canadabalsam u. a. m. aufgestellt werden.

Vorteile dieser Methode sind das feste Zusammenhalten der eingebetteten Teile, welches von brüchigen Objekten tadellose Schnitte anzufertigen gestattet. Die Gewebe behalten ihr natürliches Aussehen, weil das vorherige Entwässern der Teile nicht stattfindet. Nachteile bestehen in der Unmöglichkeit, die gewonnenen Schnitte nachträglich zu färben; in der alkalinischen Eiweißlösung werden die im voraus gemachten Tinktionen teilweise wieder aufgelöst und diffundieren in das umgebende Albumin. Der größte Nachteil aber besteht in der Unmöglichkeit, das eingedrungene Albumin wieder zu entfernen; alle Zwischenräume sind mit der körnigen Eiweißmasse ausgefüllt, welche annähernd das gleiche Brechungsvermögen besitzt wie die Zellsubstanz, und das mikroskopische Bild verunstaltet.

Die Seifeneinbettung. Diese heutzutage etwas vernachlässigte, von Flemming erfundene Methode verdient eine genauere Beschreibung, da sie in bestimmten Fällen immer noch ihre Berechtigung hat und durch keine andere Methode ersetzt werden kann. Man stellt eine warmflüssige Lösung von der im Handel vorkommenden Glycerin- oder Transparentseife in schwachem Alkohol her, wobei man die Proportionen in der Weise zu treffen hat, daß die Masse beim Erkalten und Eintrocknen vollkommen durchsichtig bleibt. Die fixierten ausgewässerten und mit

Glycerin durchtränkten Teile werden in die Masse, die man in einer Glasschale auf dem Wasserbade im warmflüssigen Zustande unterhält, eingetragen, einige Minuten bis zu einer Stunde, je nach der Größe und Beschaffenheit des Objektes, darin gelassen und nun das Ganze beiseite gestellt, bis die Masse beim Erkalten fest geworden ist. Unter der Lupe kann man die Lage des Objektes in der festen durchsichtigen Masse genau kontrollieren und sich danach das Stück zurechtschneiden. Nach einigen Tagen ist das Stückchen soweit getrocknet, daß die Seife wieder die richtige Konsistenz erlangt hat. Man schneidet mit dem trockenen Messer, läßt die Schnitte in destilliertem Wasser verweilen, das man so lange wechselt, bis die Seife ganz weggelöst ist. Dann kann man dieselben nach Belieben in verschiedener Weise weiter behandeln, färben und aufstellen.

Die käufliche Glycerinseife genügt in der Regel vollkommen zu unserem Zwecke; man kann aber auch die reine feingeschabte Natronseife der Pharmakopöe gebrauchen, von welcher man mit oder ohne Glycerinzusatz vollkommen durchsichtige Lösungen erhält. Die einzige Schwierigkeit besteht in der richtigen Stärke des Alkohols, die man nicht im voraus angeben kann, sondern für jede Seifensorte erst durch Versuch herauszufinden hat. In der Regel wird die Lösung mit 90%igem Alkohol bewerkstelligt und Wasser in kleinen Portionen so lange zugesetzt, bis die Lösung beim Erkalten klar bleibt. Man kann übrigens die Mischung im voraus bereiten und in wohlverschlossenen Flaschen geraume Zeit aufbewahren. Beim jedesmaligen Gebrauch wird nur die nötige Menge herausgeschnitten.

Vorteile dieser Methode sind die auf die Gewebsstruktur wenig wirkenden Operationen, welche kein Entwässern erheischen, ferner die Möglichkeit, das Objekt innerhalb der festen Masse unter dem Mikroskop zu orientieren, und die Leichtigkeit, mit welcher man mit trockenem Messer die dünnsten Schnitte herstellt. Die Gewebe werden niemals spröde und brüchig. Die feinsten Schnitte kann man durch die verschiedensten Reagentien und Färbungen untersuchen, zerzupfen und in den verschiedensten Medien aufstellen. Nachteile bestehen darin, daß man lange Zeit abzuwarten hat, bis die zugeschnittenen Seifenstücke trocken und schnittfähig werden; ferner im Zusammenschrumpfen beim Trocknen und in den unregelmäßigen Quellungen im Waschwasser, in der Umständlichkeit der Serienschnitte und endlich in der Unmöglichkeit, lockere Teile beim Waschen im Zusammenhange zu erhalten. Das Auswässern soll jedenfalls in destilliertem Wasser gründlich geschehen, denn sonst verdirbt nachträglich die zurückgebliebene Seife das Präparat.

Die Kollodiumeinbettung. Dieses Verfahren ist von Duval erfunden und weiter von Merkel und Schiefferdecker so weit vervollkommnet worden, daß die Kollodiumeinbettung unter allen Einbettungsmethoden eine hervorragende Stellung einnimmt. Das Objekt soll vor allen Dingen in starkem, hierauf in absolutem Alkohol und schließlich in Äther verweilen, wozu mehrere Tage erforderlich sind. Man läßt es alsdann in einer dicklichen Kollodium- oder Zelloïdinlösung so lange liegen, bis es von der Masse vollkommen durchtränkt ist. In passender Lage aufgestellt und mit der dicken Auflösung bedeckt, läßt man das Ganze an der Luft verweilen, bis die Masse eine steife Gummikonsistenz erlangt hat, und legt es nun in verdünnten Alkohol von 0,842 spez. Gewicht. Nach etwa 24 Stunden ist die richtige Schnittkonsistenz erreicht. Die Messerklinge wird mit Alkohol befeuchtet und die Schnitte zunächst in

gewöhnlichen Alkohol gelegt. Man kann die verschiedensten Reagentien und Färbungsmittel mit Erfolg auf dieselben anwenden und die Präparate in verschiedener Weise aufstellen; zu vermeiden sind nur der Äther und das Nelkenöl, die das Kollodium auflösen, und die Anilinfarben, weil sie die Kollodiumschicht mitfärben. Will man die Schnitte in Harzen einschließen, so nehme man statt des üblichen Nelkenöls das Origanumöl.

Das Kollodium wird hergestellt, indem man die lösliche Schießbaumwolle oder das zerschnittene Zelloïdin des Handels mit einem Alkohol-Äthergemisch übergießt und bis zur vollständigen Auflösung von Zeit zu Zeit umschüttelt. Zunächst wird etwa 1 Gewichtsteil der festen Substanz in 6 Vol. absoluten Alkohols ein paar Stunden zur Aufweichung eingelegt; werden alsdann 9 Raumteile wasserfreien Schwefeläthers in kleinen Portionen unter heftigem Schütteln zugesetzt, so erfolgt die Auflösung in kurzer Zeit.

Das Einbetten kann man je nach der Größe und Beschaffenheit des Objektes auf zweierlei Weise vornehmen. Auf der frisch hergestellten Fläche eines Korkstückes wird Kollodium aufgetragen und vollständig eingetrocknet. Die Oberfläche des Kollodiumhäutchens wird nun mit einem in Äther getauchten Pinsel aufgefrischt, das durchtränkte Objekt darauf gelegt und mit mehreren Lagen von dickem Kollodium bedeckt, die man jedesmal bis zur Gummikonsistenz eintrocknen läßt, und schließlich das Ganze 1 bis 2 Tage lang im Spiritus von 0,842 spez. Gew. liegen gelassen.

Das zweite Verfahren besteht darin, daß man das Objekt in einem Papierkästchen mit einer reichlichen Kollodiummenge übergießt und unter eine unvollständig schließende Glasglocke stellt, bis die Gummimasse hart geworden ist. Frische Lagen kann man nachträglich hinzufügen, nachdem man die Oberfläche mit Äther bepinselt hat. Das vom Papier befreite Stück kommt hierauf in Alkohol zu liegen und kann in oben angegebener Weise mittelst etwas Kollodium aufgeklebt werden.

Die Vorteile dieser Methode bestehen in der Möglichkeit, hergestellte Schnitte einer weiteren Färbung und Behandlung zu unterziehen und in verschiedenen Medien aufzubewahren, wobei zusammenhangslose Teile in natürlicher Lage zusammengehalten werden. Nachteile bestehen in der Weitläufigkeit der Operationen, bis man zur Schnittführung schreiten kann, in der Schrumpfung der Zellenelemente und Auflösung der fettigen Bestandteile durch den absoluten Alkohol und Äther und in der Trübung, welche das Kollodium in Harzen oft erleidet. Den größten Nachteil bildet aber die zur Schnittführung stets ungenügende Konsistenz des geronnenen Kollodiums, welche keine recht dünnen und schönen Schnitte anzufertigen gestattet. Aus freier Hand werden allerdings hin und wieder tadellose Schnitte gewonnen, von Schnittserien mit dem Mikrotome kann aber kaum die Rede sein.

Die Paraffineinbettung. Es bietet diese heutzutage mit Vorliebe angewandte Methode die größte Bequemlichkeit und Sicherheit bei der Schnittführung. Für die topographische und mikroskopische Anatomie ist dieselbe geradezu unentbehrlich geworden; für eigentlich histologische Zwecke dagegen sind auf diese Weise hergestellte Präparate meistens wenig zu gebrauchen. Klebs und Bütschli scheinen dieselbe zuerst in Anwendung gebracht zu haben. Die gehörig fixierten Teile müssen zunächst in starkem und in absolutem Alkohol entwässert und mit einem ätherischen Öle oder einem sonstigen Paraffinlösungsmittel, wie z. B. Chloroform, durchtränkt werden. In geschmolzenes Paraffin eingelegt, diffundiert nach und nach das Öl oder das Chloroform und wird durch die flüssige Masse ersetzt. Beim Erkalten wird die Masse fest, aber auch ziemlich undurchsichtig. Es muß daher die Orientierung des Objektes in der im geschmolzenen Zustande durchsichtigen Masse genau vorgenommen werden

Die nach einigen Stunden vollkommen hart gewordene Masse gestattet Schnitte herzustellen, die an Feinheit und Regelmäßigkeit von keiner anderen Methode übertroffen werden. Nur die Seifeneinbettung vermag in dieser Beziehung den Vergleich auszuhalten. Wegen der ausgedehnten Anwendung dieser Methode in der mikroskopischen Anatomie erscheint es geboten, die verschiedenen in betracht kommenden Operationen kurz zu besprechen.

Die Vorbereitung zur Einbettung. Die leider unumgängliche Entwässerung des Objektes muß man möglichst langsam und allmählich an regelrecht fixierten Präparaten vornehmen, um die störendsten Schrumpfungen und unnatürlichsten Verlagerungen zu vermeiden. Ebenso darf der Übergang aus dem absoluten Alkohol in das ätherische Öl nur allmählich stattfinden. Große Höhlen sollte man durch einen Einstich öffnen, weil sonst die Wände meistens zusammenfallen. Das beste und sicherste Aufhellungsmittel ist das Nelkenöl; man sollte aber das Objekt aus dem absoluten Alkohol zunächst in eine Mischung von etwa gleichen Raumteilen Alkohol und Nelkenöl bringen, und erst nach einigen Stunden in das reine Nelkenöl einlegen. Es vermischt sich aber diese sehr dickflüssige Substanz leider nur langsam mit dem geschmolzenen Paraffin; deshalb ist es ratsam, das im Nelkenöl durchsichtig gewordene Objekt zunächst auf wenige Stunden in Terpentinöl einzulegen und hierauf erst die Einbettung vorzunehmen.

Recht einfach und anziehend ist die Giesbrecht'sche Methode, das Objekt durch das eigene Gewicht aus dem absoluten Alkohol in Chloroform zu überführen. Mittelst einer Pipette wird das Chloroform in den Boden eines engen, mit Alkohol zur Hälfte gefüllten Gefäßes abgelassen. Die beiden Flüssigkeiten schweben alsdann vermöge ihrer sehr verschiedenen spezifischen Gewichte unvermengt übereinander. Ein in Alkohol getränkter, hineingeworfener Gegenstand bleibt zunächst an der Grenze beider Flüssigkeiten schwimmend, dringt aber allmählich in die untere Schicht ein. Nachdem dies geschehen ist, hat der Umtausch der Flüssigkeiten im Innern des Objektes stattgefunden (für spezifisch sehr leichte Objekte kann man das spezifische Gewicht des Chloroforms durch Ätherbeimischung herabsetzen), und nun wird das Objekt in eine konzentrierte Auflösung des Paraffins in Chloroform gelegt, die man im Brütofen abdampfen läßt. Da die letzten Spuren des Chloroforms fast nicht mehr wegzubringen sind und dem Paraffin eine schlechte Konsistenz verleihen, so ist man genötigt, das Objekt schließlich noch in reines geschmolzenes Paraffin zu übertragen, das man nun erstarren läßt.

Mit dem Chloroform haben wir keine recht günstigen Erfahrungen gemacht. Die Objekte werden brüchig und schrumpfen mehr ein, als es bei der Behandlung mit ätherischen Ölen der Fall ist; außerdem muß man auf das Endresultat länger warten, als bei jenen.

Das Einschmelzen. Eine vollständige Durchtränkung des Objektes mit dem geschmolzenen Paraffin, welche zur Herstellung eines homogenen, zur Schnittführung günstigen Präparates unumgänglich notwendig ist, erfordert ein längeres Liegenbleiben in der heißflüssigen Masse, was, je nach der Größe und Beschaffenheit des Objektes, zwischen $^1/_2$ bis 12 Stunden und noch mehr schwanken kann. Übersteigt dabei die geschmolzene Masse einen gewissen Wärmegrad, welcher bei etwa 52 bis

58° C. sein Maximum erreicht, so wird das Objekt förmlich gebacken; es schrumpft zusammen und wird äußerst brüchig, die Zellenelemente erscheinen ganz und gar verunstaltet. Diesem sehr lästigen Übelstande kann man nur dadurch gründlich vorbeugen, daß man das Einschmelzen in einem Wärmkasten mit konstanter Temperatur vornimmt, die man zwischen 45° und 50° C. reguliert. Die Paraffinsorte wird so gewählt, daß sie bei der gegebenen Temperatur gerade noch flüssig bleibt. Im Sommer läßt man die Temperatur etwas höher steigen als im Winter, weil man etwas härtere Paraffinsorten zu verwenden hat. Es sind zu diesem Zwecke mehrere verschieden gestaltete Wärmkasten mit Wasserbad in Gebrauch; wir ziehen die in Fig. 67 abgebildete Form allen anderen vor.

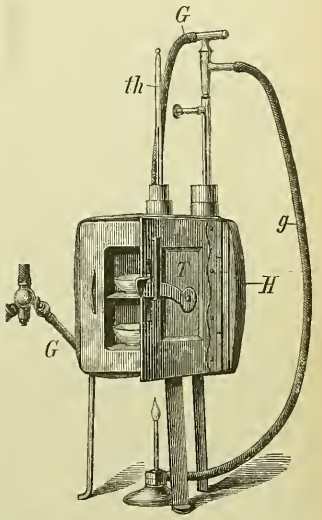


Fig. 67. Wärmkasten mit Thermoregulator, aus Kupfer, mit doppelten Wänden, zur Paraffineinbettung.

Zwischen den doppelten Wänden befindet sich ein mit Wasser gefüllter Raum. Die Temperatur des inneren, in zwei Etagen geteilten Raumes wird am Thermometer (*th*) abgelesen. Durch die Thür (*T*) wird dieser Raum abgeschlossen. Das aus der Gasleitung (*G*) zum Brenner strömende Gas geht durch den Thermoregulator, dessen Kugel in das warme Wasser taucht. Um die Wärmeausstrahlung zu vermindern und eine konstantere Temperatur zu erreichen, kann man den ganz aus Kupfer gebauten Apparat noch mit einem Polster aus Steinwolle (*H*) bedecken.

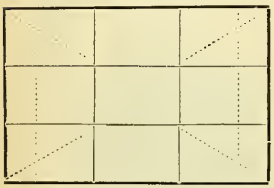
Trotz aller Sorgfalt gelingt jedoch das vollständige Durchdringen des Objektes durch Paraffin nicht immer; undurchdrungene Partieen haben eine andere Konsistenz und reißen unter dem Messer ab. An der Luft können dieselben eintrocknen und zusammenschrumpfen. Häufig kommt es vor, daß sonst wohlgelungene Einbettungen durch die Bildung von Luftblasen innerhalb oder in der Umgebung des Präparates verunstaltet werden. Dieses vermeidet man einmal durch sorgfältigste Entwässerung des Präparates in wirklich absolutem Alkohol und rektifizierten Essenzen, und zweitens durch die Methode der Einbettung im Vacuum.

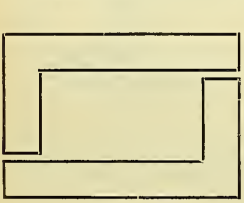
Dr. F. W. Hoffmann hat zu diesem Zwecke einen recht passenden Apparat beschrieben. Aus einem Gefäße wird nämlich mittelst einer Wassersaugpumpe die Luft entzogen; das Gefäß enthält die Objekte, welche in geschmolzenem Paraffin in besonderen Näpfen liegen. Da jedoch das Wasser unter hohem Drucke nicht überall zur Verfügung steht, so kann man sich einfacher mit einer Stempel- oder einer Quecksilber-Luftpumpe behelfen. Das Objekt lege ich in vorher geschmolzenes Paraffin in ein dickwandiges, unten verschlossenes Glasröhrchen. Oben wird ein durchbohrter Kautschukstöpsel genau eingepaßt und mittelst eines dickwandigen Kautschukrohres der Innenraum mit der Saugpumpe in Verbindung gesetzt. Das Rohr wird in einem nicht über 60° C. erwärmten Wasserbade so warm gehalten, daß das Paraffin nicht erstarrt. Sind alle Verbindungen genau angepaßt und das Rohr mit einem gut

schließenden Hahne versehen, so reicht das ein- bis zweimalige Auspumpen der Luft und ein Verweilen von 5 bis 30 Minuten in Vacuo vollkommen aus. Man soll jedenfalls nicht früher die Luft hineinlassen, als bis keine Luftblasen mehr um das Objekt herum entstehen. Das schwer schmelzbar gewordene Paraffin wird nun ausgegossen und der Gegenstand in frische Paraffinmasse von der gewünschten Konsistenz in gewöhnlicher Weise eingebettet.

Das Orientieren. Das Orientieren größerer Objekte dürfte niemals größere Schwierigkeiten darbieten. Man gießt das geschmolzene Paraffin in ein länglich rechteckiges Papierkästchen und stellt das Objekt mittelst angewärmter Nadeln in solcher Lage auf, daß die gewünschte Schnittführung senkrecht auf die Längsachse des Kästchens zu stehen kommt.

Das Papierkästchen stellt man sich aus dickem, glaciertem Papier her, indem man ein rechtwinkliges Stück der Länge und der Breite nach in drei gleiche Teile einfaltet, die Ecken durch schiefe Falten halbiert, nach den Schmalseiten umlegt und den daselbst vorhandenen Rand nach außen umknickt. Sehr kleine, zumal rundliche Teile und Embryonen zu orientieren, ist schon eine schwierige Aufgabe. Man sollte sich zu diesem Zwecke einen wasserdichten, oben und unten durch planparallele Glasscheiben begrenzten Behälter herstellen, den man rechts mit einem zum Eingießen bestimmten Loch, links mit einer Ausflußöffnung mit Kautschukrohr und Klemme versieht. In diesen Behälter wird heißes Wasser gegossen und auf der Oberfläche desselben mittelst zweier rechtwinklig gebogener metallener Hülsen (Leuckart's Laboratorium) ein rechtwinkliger Raum gebildet, in welchen das Paraffin mitsamt dem Objekte gegossen wird. Die Hülsen sollen aus hohlem Metalle bestehen und genau gearbeitete plane Flächen aufweisen, damit sie sich an die Glasfläche und aneinander genau anschmiegen. Mit etwas Glycerin angerieben, bilden dieselben einen flüssigkeitsdichten Raum. Unter die Lupe gebracht und von unten her beleuchtet, läßt das durch das warme Wasser in flüssigem Zustande erhaltene Paraffin die Lagerung des Objekts genau kontrolieren. Ist letzteres einmal in richtiger Stellung, so läßt man durch den Kautschukschlauch das Wasser schnell abfließen und das Ganze bleibt ruhig liegen, bis die Erstarrung erfolgt ist.





Die erstarrte Paraffinmasse soll einige Stunden lang unberührt bleiben, weil sie anfangs weich ist, dem Fingerdruck nachgiebt und das eingeschlossene Objekt in tausend Stücke zerbricht. Erst nach mehreren Stunden ist die Masse so starr geworden, daß man sie ohne Gefahr handhaben und zurechtschneiden kann.

Die Auswahl der Paraffinsorten. Es kommen im Handel verschiedene Paraffinsorten vor. Man nehme stets die homogensten, halbdurchsichtigen Stücke und halte sich einen Vorrat von der weicheren, bei etwa 45 bis 48° C. schmelzbaren und der härteren, bei etwa 55 bis 60° C. flüssig werdenden Sorte. Von beiden Sorten stelle man sich eine Mischung in verschiedenen Verhältnissen her, je nach der herrschenden Temperatur. In der Regel soll das Gemisch bei nicht mehr als 50° flüssig bleiben, da eine zu hohe Temperatur das Objekt beeinträchtigen würde. Von dem richtigen Mischungsverhältnis der beiden Sorten, sowie von der Temperatur des Lokales, in dem man die Schnitte ausführt, hängt vieles ab.

Zur genauen Auswahl der Mischung kann man sich am besten nach der Schmelzbarkeit im Brütofen richten, dessen Temperatur man im Hochsommer bis auf 52° C. steigen läßt, im Winter dagegen auf 45° C. reguliert.

Eine zu harte Masse rollt sich beim Schneiden so stark auf, daß man keine flach liegenden Schnitte erhalten kann; wenn dieselbe zu weich ist, so bleibt das Paraffin an dem Messer haften und wird beim Schneiden zusammengedrückt, wobei der Schnitt eine falsche Form erhält. Die Masse sollte stets einen solchen Konsistenzgrad haben, daß sie sich bei schiefer Stellung des Messers ein wenig aufrollt, wodurch die Erfassung der dünnen Scheibe an der Ecke mittelst Pinsel oder Nadel erleichtert wird. Ist eine Schnittserie bereits angefangen und sollte es sich dabei herausstellen, daß man doch nicht das genaue Verhältnis getroffen hat, so giebt es noch eine Abhilfe. Man kann erstens das Lokal stärker heizen oder durch Öffnen der Fenster abkühlen. Der Zweck wird aber bequemer in folgender Weise erreicht: Ein parabolischer Reflektor, wie solcher für Petroleumlampen allenthalben käuflich ist, wird in solcher Weise aufgestellt, daß das Licht resp. die Hitze der Lampe auf das eingeschmolzene Objekt fällt. Durch Näher- oder Weiterstellen der Lampe kann man zu hartes Paraffin so weit erwärmen, daß es sich gut schneiden läßt. Zu weiche Masse wird umgekehrt abgekühlt, indem man statt der Lampenflamme ein mit Eisstücken gefülltes Körbchen in den Reflektor setzt, welches dem Objekte die Wärmestrahlen entzieht und das Paraffin nach Belieben zu erhärten gestattet.

Die von manchen Seiten empfohlenen Mischungen von Paraffin mit Petroleum oder Vaselin, um ersteres weicher zu machen, können wir nicht empfehlen. Solche Mischungen sind stets ungleich, etwas teigig und zur Schnittführung unbequem.

Die Schnitte werden in Terpentinöl, Benzin oder Chloroform gewaschen. Was die weitere Behandlung derselben betrifft, die Schnittserien und das Aufkleben der Schnitte auf den Objektträger s. weiter unten.

Manche ziehen dem Paraffin eine Mischung aus Wachs und Öl vor. Andere wiederum setzen dem Wachs, Talg oder Walrat hinzu. Born bettet die in Bergamottöl getauchten Präparate in ein von Kleinenberg bereits empfohlenes Walrat- und Ricinusölgemisch ein und wäscht die Schnitte nachher mit einer aus 1 Teil Terpentin und 3 Teilen Kreosot zusammengesetzten Flüssigkeit. 4 Teile Walrat, 1 Teil Ricinusöl und 3 bis 4 Teile Talg bilden die von Strasser angegebene Masse. — Obgleich wir dem reinen Paraffin unbedingt den Vorzug geben, so wollen wir dennoch solchen Mischungen in bestimmten Fällen eine Berechtigung durchaus nicht absprechen.

Der Vorteil der Einbettung in Paraffin oder ähnlichen Massen besteht darin, daß die dünnsten Schnitte von irgendwelchen Organen in regelmäßigen Reihen, gleichviel ob es sich um zusammenhängende oder zusammenhangslose Teile handelt, auch in den Händen des Ungeübtesten nach wenigen Versuchen gelingen. Aus diesem Grunde ist auch die Methode in kurzer Zeit zu den gebräuchlichsten und beliebtesten geworden und leistet auch, wo es sich um Schnittserien zu topographisch-anatomischen Zwecken handelt, ganz unvergleichliche Dienste. Nachteile sind die unumgängliche Entwässerung und Durchtränkung mit Essenzen und geschmolzenen, wasserlosen Massen, die stets eine gewisse Schrumpfung an den ganzen Organen und deren Zellenelementen hervorruft, ferner die Umständlichkeit der nachträglichen Färbung an den Schnitten, wo solche nötig erscheinen sollte, und schließlich der gebotene Einschluß in harzige Substanzen. In Glycerin übergeführt, bieten solche Schnitte durchaus nicht mehr dasselbe Bild, wie diejenigen, die keiner vorherigen Entwässerung unterzogen worden sind. Es erfordert diese Methode außerdem zum Einbetten etwas komplizierte Heizapparate mit konstanter Temperatur; hat man keinen Brütofen zur Hand, so geschieht es nur allzu leicht, daß das Objekt in der heißen Masse förmlich gebacken wird und bis zur Unkenntlichkeit zusammenschrumpft.

Die Kolophoniumeinbettung. Eine eigentümliche, nur für einen ganz

bestimmten Zweck passende Einbettungsmethode hat v. Koch eingeführt. Um von Tieren oder Organen, welche aus Skelett- und Weichteilen zugleich bestehen, durchgehende Schnitte zu erhalten, wird das ganze Stück fixiert, gefärbt, entwässert, als wollte man dasselbe in Paraffin einbetten. Die Masse besteht aber in diesem Falle aus einer dickflüssigen Auflösung von Kolophonium in absolutem Alkohol. Nach längerem Verweilen im Brütofen und an der Luft dringt die Masse durch alle Weichteile durch und trocknet zu einem festen spröden Stücke ein, das man mitsamt den Skeletteilen durchsägen, abschleifen und behandeln kann. Es fände gewiß diese Methode, welche zur Eruierung des Verhältnisses zwischen Skelett und Weichteilen der Steinkorallen erfunden wurde, auch in manchen anderen Gebieten der mikroskopischen Anatomie eine fruchtbare Anwendung.

Das Zusammenhalten brüchiger Schnitte. Trotz aller Sorgfalt in der Behandlung des Objektes wird es wohl hin und wieder passieren, daß die Beschaffenheit desselben eine solche geworden ist, daß sich unmöglich ganze zusammenhängende Schnitte gewinnen lassen. In solchen Fällen kann man sich durch folgenden Kunstgriff behelfen. Die durch den vorhergehenden Schnitt bloßgelegte Fläche bedeckt man mittelst des Pinsels mit einer dünnen Kollodiumschicht, die man jedesmal eintrocknen läßt, ehe man zum nächstfolgenden Schnitte schreitet. Der Schnitt wird in solcher Weise auf den Objekträger gelegt, daß die mit Kollodium belegte Fläche nach unten sich befinde. Auf diese Weise ist manches wertvolle Präparat gerettet worden.

Die Mikrotome. Für eigentlich histologische Zwecke, wo es sich bloß darum handelt, von einem Gewebsstücke einige dünne Schnitte herzustellen, die sich zur weiteren chemischen Behandlung gut eignen, sind die einfachsten Methoden auch die besten. Einfach gehärtete oder mit Gummi durchtränkte Teile werden aus freier Hand mit nassem Messer geschnitten, wobei das Objekt entweder zwischen den Fingern gehalten, oder zwischen Hollundermarkstückchen in einem kleinen Schraubstock befestigt wird. Die nötige Fertigkeit und Geschicklichkeit in der Handhabung des Messers sollte sich ein jeder Anatom durch Übung erwerben.

Etwas umständlicher, aber für manche gehärtete Organe, z. B. für das Rückenmark, recht bequem sind die kleinen Cylindermikrotome, von denen man eine große Anzahl verschiedener Formen vorgeschlagen hat, die sich aber sämtlich auf zwei Grundtypen zurückführen lassen.

Ranvier's Mikrotom. Der bekannteste beider Typen ist das von Ranvier in die histologische Technik eingeführte Instrument, welches den Namen des vielverdienten Forschers trägt, obgleich ähnliche Apparate schon seit längerer Zeit, namentlich in England, zur Anfertigung von Schnitten durch Pflanzenteile in Gebrauch waren. Ein genau gearbeiteter Metallcylinder geht oben in eine senkrecht zur Achse des Zylinders befestigte Scheibe über, welche aus Glas, Stahl oder gewalztem Nickel

besteht. Unten ist der Cylinder mit einer Schraubenwindung versehen, in welche eine genau gearbeitete Schraube hineinpaßt. Das in Kork oder Hollundermark eingefaßte Objekt bringt man in der Weise in den Cylinder, daß es durch sanfte Reibung eine gleichmäßige Verschiebung gestattet. Die obere Platte dient zur sicheren Führung des flach aufgelegten Messers, die Schraube zum Heben des Objektes nach jedem Schnitte, und zwar um diejenige Höhe, welche der gewünschten Dicke des nächstfolgenden Schnittes entspricht. Wenn naß geschnitten wird und man genötigt ist, die Operation zu unterbrechen, so stellt man das ganze Mikrotom umgekehrt in ein gut verschlossenes Glas, welches am Boden etwas Alkohol enthält. Behufs feinerer Schnittführung hat Verfasser eine mit $^1/_4$ mm Gewinde versehene Schraube adoptiert, deren unterer Kopf mit einer Gradteilung versehen ist. Das ganze Instrument wird mittelst einer, an der oberen Scheibe angebrachten Bajonettvorrichtung am oberen Rande eines weiten gefensterten Cylinders befestigt, der auf einem schweren Fuße senkrecht steht. Die einzige Schwierigkeit beim Gebrauche dieses Instrumentes besteht darin, das Objekt vermittelst Hollundermarkstreifen genau in das Innere des Cylinders hineinzupassen, damit es weder zerdrückt noch verschoben werden könne.

Das Gudden'sche Mikrotom. Das vollkommenste und größte Instrument nach dem Ranvier'schen Prinzipe stellt das Gudden'sche Mikrotom dar. Das eigentliche Mikrotom ist im Boden einer großen Wanne wasserdicht eingefügt. Die Wanne wird mit Wasser gefüllt und bietet Raum genug, um mit beiden Händen und einem breiten, mit zwei Handgriffen versehenen Messer bequem unter Wasser schneiden zu können.

Das in Kaliumbichromat oder Alkohol gehärtete Objekt wird vermittelst einer Wachs- oder Talgmasse in den cylindrischen Hohlraum des Mikrotomes eingeschmolzen und befestigt. Nach dem Erkalten der Masse wird die Wanne mit Wasser gefüllt und die Schnitte unter Wasser auf den ebenfalls eingetauchten Objektträger geschwemmt, ausgebreitet und das Ganze langsam herausgehoben. Namentlich für etwas dicke, aber sehr ausgedehnte Querschnitte ganzer Gehirne von Säugetieren und sogar vom Menschen leistet das Gudden'sche Instrument wirklich erstaunliches. Es bieten solche Querschnitte ganzer Gehirne des Menschen, wenn sie gut gefärbt und auf großen Glasplatten in Canadabalsam aufgestellt sind, einen prachtvollen Anblick dar.

Schiefferdecker's Mikrotom. Der beim Ranvier'schen Mikrotom oben erwähnte Übelstand wird beim Schiefferdecker'schen Mikrotome vermieden. Hier bleibt das Objekt durch eine Klemmschraube fixiert, während die obere Platte beim Drehen vermittelst eines an ihrem Rande angebrachten Schraubenganges auf und ab bewegt wird. Dagegen leidet das Instrument an einem anderen Übel, insofern nämlich die Platte infolge der zu weiten Schraube keine gleichmäßige Bewegung hat und daher auch keine gleichmäßig dicken Schnitte herzustellen gestattet.

Die besten Rasiermesser für diese kleinen Scheibenmikrotome sind die mit einsetzbaren Klingen, welche aus dünnem harten Stahle von Lecoultre (in Sentier, Kanton Waad) verfertigt werden und welche Verfasser zuerst in die mikroskopische Technik einführte. Wenn auch die

Biegsamkeit der dünnen Klinge deren Anwendung bei Schlittenmikrotomen nicht gestattet, so kommt diese Nachgiebigkeit in Fällen, wo man auf einer Scheibe mit flach aufgelegter Klinge zu schneiden hat, nicht in betracht, während alsdann die äußerste Feinheit der Schneide zur vollen Geltung kommt.

Gefriermikrotome. Mit solchen einfacheren Mikrotomvorrichtungen lassen sich Gefrierapparate verbinden, wodurch frische Teile ohne weitere Vorbereitung sofort schnittfähig gemacht werden. Die älteren derartigen Instrumente, welche eine aus Salz und Eis bestehende Kältemischung erforderten, haben sich in der mikroskopischen Praxis keinen rechten Eingang zu verschaffen vermocht. Erst seitdem Ch. Roy ein auf Ätherzerstäubung beruhendes Verfahren beschrieben, hat die Methode allgemeinen Beifall gefunden.

Das Roy'sche Gefriermikrotom besteht aus einem Zerstäubungsapparate mit Gebläse, welches den Ätherspray gegen die untere Fläche einer dünnen, das Präparat tragenden Metallplatte projiziert. Die ganze, das Objekt tragende Vorrichtung wird durch eine senkrecht stehende Mikrometerschraube langsam gehoben, während das Messer an einem Zapfen drehbar ist und durch einen Handgriff geführt wird. Man hat aber auch eine feststehende, durchbohrte Scheibe zur Messerführung angewandt, ähnlich wie beim Ranvier'schen Mikrotome. Ähnliche Gefriervorrichtungen lassen sich überhaupt an allen neueren Mikrotomen anbringen. Zu beachten ist nur, daß man das Messer beim Schneiden gefrorener Teile weniger schief stellen muß als sonst.

Die Schienenmikrotome. Auf einem ganz verschiedenen Prinzipe beruht das Rivet-Leiser'sche Mikrotom. Eine feste, senkrecht stehende, von einem schweren Fuße (*F*) getragene längliche Metallplatte (*W*) trägt auf jeder Seite eine im spitzen Winkel zu ihr befestigte schmale Platte (*s*). Die Einfallslinien der seitlichen Schienen auf der senkrechten Wand stehen nicht zu einander parallel, sondern bilden vielmehr einen äußerst spitzen Winkel. Läßt man nun das in passender Weise befestigte Objekt in der sanft aufsteigenden Rinne gleiten, während das Messer an einem in der andern Rinne laufenden Keil horizontal hin und her bewegt wird, so wird jedesmal eine dem zurückgelegten Wege proportionale dicke Scheibe abgetragen. Der Schraubengang des Ranvier'schen Mikrotoms ist hier durch eine gerade aufsteigende Fläche, die Scheibe durch eine horizontale Rinne ersetzt, welche das Messer erst mittelbar leitet.

Thoma's Mikrotom. Die ersten noch sehr unvollkommenen Formen dieses Instrumentes haben nach und nach an allen Teilen durch Spengel's, Long's, Thoma's u. a. m. Bemühungen wesentliche Verbesserungen erfahren, ohne daß an dem Grundplane und dem Prinzipe etwas verändert wurde. Wir wollen ohne weiteres sofort zur Besprechung des am weitesten vervollkommneten Modelles übergehen, des Thoma'schen Mikrotomes, wie es gegenwärtig von R. Jung in Heidelberg verfertigt wird (Fig. 68).

Das ganze Instrument besteht aus Gußeisen. An der Rinne, worin ein schweres, keilförmiges Eisenstück gleitet, an dessen oberer Fläche das Messer befestigt ist, sind vier vorspringende, genau plangeschliffene Leisten sichtbar. Der Messerträger (*M*) ruht auf diesen Leisten vermittelst fünf vorspringender Spitzen, wodurch die Reibung auf ein Minimum herabgesetzt wird, ohne der Stabilität Eintrag zu thun. Auf der anderen Seite, wo das Objekt gleitet, ist die gleiche Vorrichtung getroffen.

Das möglichst starre und starke Messer mitsamt dem Griffe bildet ein einziges derart gebogenes Stück, daß bei horizontal liegendem Griffe die Schneide etwas abwärts gerichtet ist. Der Griff ist ferner nach der Rückenseite der Klinge etwas umgebogen und mit einer länglichen Spalte versehen, in welche die Befestigungsschraube zu liegen kommt. Zwischen Schraubenkopf und Messer ist eine oben kugelförmig ausgehöhlte Zwinge angebracht, während dem entsprechend der Schraubenkopf unten kugelförmig hervorsteht. Hierdurch wird das feste Anliegen des Griffes an die Unterlage in jeder Stellung gesichert. Die beste Stellung des Messers muß man sich in jedem gegebenen Falle ausprobieren. Zur Querstellung sind kürzere Klingen mit einem besonderen Halter beigegeben.

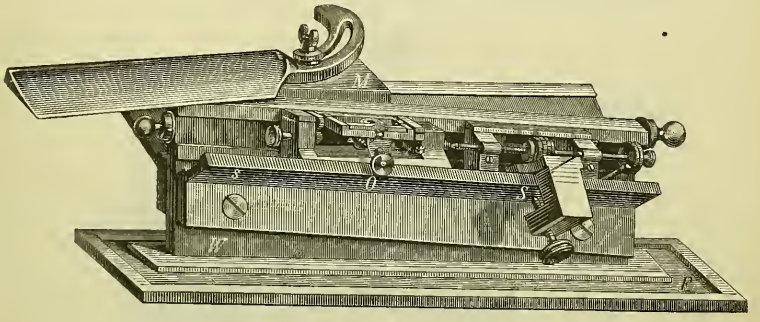


Fig. 68. Schienenmikrotom nach Thoma, von R. Jung konstruiert.

Als Pendant dem Messerträger gegenüber befindet sich der Objekthalter (*O*). Der keilförmige Schlitten trägt zwei auf einander in senkrechten Richtungen bewegliche Stahlrahmen, welche in jeder Stellung durch Schrauben festgeklemmt werden können. Der innere Rahmen trägt das entweder in einem Cylinder oder in einer kleinen Klammer mit parallelen Griffen festgehaltene Objekt; wir ziehen die Klammer der Cylindervorrichtung unbedingt vor. Mit Ausnahme der vertikalen Hebung ist hiermit für jede Stellungsänderung des Objektes Sorge getragen.

Die Neigung der Schienenbahn ist bei diesen neueren Instrumenten eine geringe. Bei 27 cm Länge der Bahn, wovon nur 18 cm nutzbar bleiben, beträgt der Niveauunterschied zwischen beiden Enden bloß 9 mm. Um das Objekt um 0,01 mm zu heben, darf dennoch der Objektträger bloß $^1/_5$ mm zurücklegen und eine so geringe Verschiebung mit den Fingern zu effektuieren, und mit einem Nonius genau abzulesen,

dürfte kaum möglich sein. Es ist daher eine Schraubenvorrichtung (*S*) zugegeben, welche die Verschiebung mit Leichtigkeit zu bewerkstelligen und abzulesen gestattet. An einem dritten keilformigen Schlitten ist eine lange horizontale Schraube angebracht, deren Spitze gegen eine kleine Achatscheibe am hinteren Ende des Objektschlittens wirkt. Inmitten dieser Schraube befindet sich eine Trommel, entweder mit Gradteilung, oder noch besser mit Einkerbungen, in welche eine federnde Klinge einschnappt. Durch eine sehr sinnreiche Vorrichtung kann man die Entfernung der Kerben von einander nach der gewünschten Schnittdicke regulieren. Ist die Schraube zu Ende, so muß sie zurückgedreht werden, eine langwierige Operation, die man sich mit einer gespannten Schnur, einer Art Fiedelbogen, wesentlich abkürzen kann. Der Schraubenschlitten wird hierauf vorgeschoben, in der neuen Lage durch eine von außen auf die Schiene wirkende Schraube befestigt und nun geht man von neuem vor.

Wichtig ist, daß sämtliche Teile, namentlich aber die Schienen- und Schlittenvorsprünge, reichlich mit Knochenöl bedeckt sind; die Schienen sollen stets rost- und staubfrei gehalten werden, denn es hängt die Regelmäßigkeit des Ganges wesentlich davon ab.

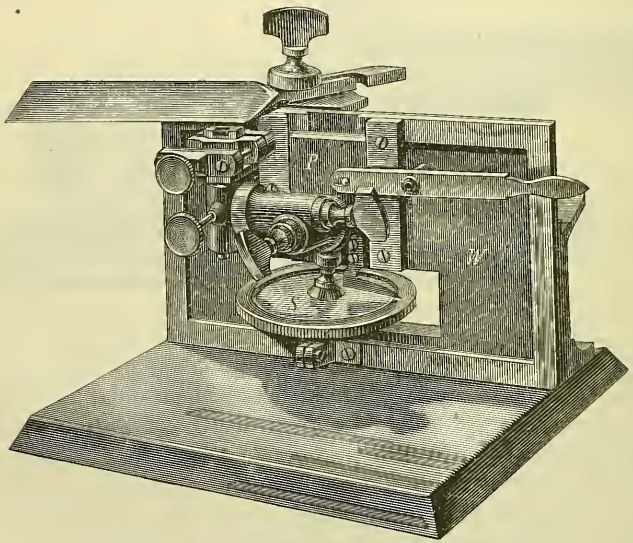


Fig. 69. Schanze's Schrauben- und Schienenmikrotom.

Das Schrauben- und Schienenmikrotom. Eine weitere Verbesserung des Mikrotoms besteht in einer Kombination der beiden Systeme, nämlich des Schrauben- und Schienenmikrotoms. Das Messer wird immer noch durch Schlittenführung bewegt, das Objekt aber durch eine vertikale Schraube (*S*) gehoben. Es gehören hierher das von Körting angegebene, bei Zeiss konstruierte Instrument. Ein ähnliches Modell liefert in vor-

züglicher Güte Mechaniker Schanze in Leipzig. Die aus Gußeisen mit vernickelten freien Flächen ziehen wir den aus Messing hergestellten vor, weil die Reibungen der Eisen- oder Nickelflächen geringer sind, als die der Messingflächen. Die Scheibe trägt ein breites Rad, dessen Rand mit einer Gradteilung versehen ist; diese gestattet, die Drehung leicht abzulesen, indem jeder Teilstrich einer Hebung um $^1/_{100}$ mm entspricht. Zunächst wirkt der Schraubenkopf gegen eine zwischen zwei Leisten eingefaßte Platte *P*, welche die Klemme trägt. Zwei rechtwinklig gestellte Achsen mit je einer Preßschraube dienen dazu, die Klemme nach allen Richtungen zu neigen, während ein drittes Gelenk dieselbe um die eigene Achse zu drehen und senkrecht zu heben gestattet. Da die Hebungen des Objektes nicht der direkten Wirkung der Hebungsschraube unterworfen sind, leidet ihre regelmäßige Genauigkeit; andererseits ist es aber von Vorteil, daß beim Schneiden mit nassem Messer das Präparat nicht direkt über der Schraube sich befinde, weil sonst letztere einem verderblichen Einflusse der herabträufelnden Flüssigkeit ausgesetzt wäre. Die Klemme selbst besteht nach richtigem Prinzipe aus parallelen Griffen mit einer direkt wirkenden Klemmschraube.

Es werden ferner ähnliche Instrumente gebaut, bei denen das Rasiermesser um einen Zapfen drehbar ist, anstatt durch eine Schlittenvorrichtung in Bewegung gesetzt zu werden. Bei Verick wird ein Modell fabriziert, bei welchem das Messer zwei Bewegungen gleichzeitig ausführt, um die Schnittführung mit der Hand nachzuahmen. Ähnliche Vorrichtungen hatte schon früher Körting für ein einfaches Cylindermikrotom erfunden. Bisher scheinen solche komplizierte Apparate kaum besseres zu leisten, als eine einfache gut gebaute Schlittenvorrichtung.

Was für ein Mikrotom man auch gebrauchen mag, so hängt das Gelingen der Schnitte wesentlich von der Schärfe des Messers ab. Die winkelig umgebogenen schweren Mikrotommesser lassen sich zwar am besten an dem Instrument befestigen; man kann deren aber wegen ihrer Kostspieligkeit keine große Anzahl zum Wechseln haben, und ihre Gestalt erschwert das Abziehen auf dem Schleifsteine ganz bedeutend. Schanze liefert eine kleine von Foster erfundene Zange, welche ein gewöhnliches Rasiermesser in die passende Lage zu bringen gestattet; bei der Schwierigkeit aber, ganz genau die geeignetste Neigung der Klinge aufzufinden, kehrt man doch immer wieder zum gebogenen Messer zurück.

Man findet fast überall jemand, der ein gewöhnliches Rasiermesser abzuziehen versteht; nicht so mit den Mikrotommessern, die einem nur zu oft ruiniert aus den Händen des Schleifers zurückkommen; es ist daher sehr geboten, das Abziehen selber zu üben. Man verschafft sich hierzu einen guten, recht langen und breiten Ölstein. Die Fläche bedeckt man mit einer Mischung aus Glycerin und Alkohol, deren Verhältnis nach der Schärfe des Steines verschieden gewählt wird; im allgemeinen nimmt man zwei Teile Glycerin und einen Teil Alkohol. Die Klinge wird nun bei der Basis flach aufgelegt und ruhig, mit der Schneide voran und in der Weise vorgeschoben, daß am Ende des Steines auch das freie Ende des Messers anlangt. Hier dreht man die Klinge auf dem Rücken um und kehrt in gleicher Weise zur ersten Stelle wieder zurück. Dabei nehme man sich ja in acht, niemals den Rücken des Messers vom Steine auch nur die Spur emporzuheben; man darf

auch nicht auf den Stein drücken, sondern muß das Messer ganz leicht zwischen den Fingerspitzen halten und es der Kapillaradhäsion überlassen, die nötige Reibung auszuführen. Nach etwa 20 bis 50 Zügen erprobe man die Schärfe an der Haut der flachen Hand; man stelle das Schleifen nicht eher ein, als bis die Probe gezeigt hat, daß die Schneide vollkommen scharf geworden ist. Etwaige Brüche oder Scharten kann man durch bloßes Abziehen nicht wegbringen, sondern muß das Messer zum Schleifer schicken. Beim Abziehen auf dem Streichriemen hüte man sich peinlichst, auf das Messer zu drücken, weil man dadurch die Schneide abstumpft, statt sie zu verbessern.

Die Schnittserien. Handelt es sich darum, aus den Schnitten ein Gesamtbild von dem Baue eines Tieres oder Organs zu erhalten und die verschiedenen Ansichten durch Rekonstruktion wieder zu kombinieren, so ist es von großer Wichtigkeit, daß die Schnitte alle von gleicher Dicke seien und daß kein Teilchen davon verloren gehe. Zur Verfertigung solcher Schnittserien eignen sich die neueren Mikrotome ganz vorzüglich. Als Einbettungsmassen kann man so ziemlich alle bereits angeführten Substanzen gebrauchen; die Paraffineinbettung, wo solche nicht durch die brüchige Beschaffenheit des Objektes beeinträchtigt wird, läßt den Zweck mit größerer Sicherheit erreichen, als jede andere. Man bringe zunächst in Erfahrung, welche Dicke der Schnitte man im gegebenen Falle wählen darf, um ein Mißlingen eines Schnittes und somit eine Lücke in der Schnittserie zu verhüten. Bei Paraffinpräparaten fällt die Grenze im allgemeinen zwischen $^1/_{50}$ und $^1/_{150}$ mm; ebenso bei Seifenpräparaten. Dagegen kann man bei Albumin-, Kollodium- oder Gummipräparaten unter $^1/_{50}$ mm auf keine Regelmäßigkeit rechnen. Das Auswaschen und Färben der Schnitte, wo solches stattfinden soll, nimmt man in einer Anzahl kleiner Näpfe vor, die man der Reihe nach benutzt, damit keine Störung in der Reihenfolge eintrete.

Paraffinschnitte werden sofort der Reihe nach in regelmäßiger Ordnung auf das Objekt geklebt und erst nachher gewaschen.

Man kann aber auch schon beim Schneiden lange, zusammenhängende Schnittreihen erhalten, in welchen jeder Schnitt am Rande mit dem vorhergehenden und nächstfolgenden haftet. Es gelingt dieses Verfahren nur bei ganz richtiger Konsistenz der Paraffinmasse und genauer Querstellung des Messers. Man hat sogar zur Herstellung solcher Serien das Mikrotom automatisch durch Wasser- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzt. Die langen, etwa wie eine Taenia aussehenden Reihen werden in Stücke geschnitten und auf das Objektglas oder auf lange Glasstreifen geklebt. Es gelingt aber, wie gesagt, das Verfahren nur unter besonders günstigen Umständen und bei einer Schnittdicke, welche nicht unter $^1/_{50}$ mm herabsteigen darf. Die Zeit, welche man auf die Verfertigung der Schnitte verwendet, erscheint jedoch im Vergleich zu derjenigen, die auf deren Bearbeitung vergeht, so verschwindend klein, daß wir derartige Dampfpräparierverfahren für Spielereien zu halten geneigt sind.

Wir ziehen es vor, bei schiefer Stellung des Messers zu schneiden und die Paraffinsorte derart zu wählen, daß die Schnitte das Bestreben haben, sich schwach aufzurollen. Um das Objekt herum lassen wir eine etwa 2 mm breite Paraffinschicht bestehen. Beim Ausschneiden rollt sich nun dieser Rand etwas auf, und in diese Falze wird dann die Spitze eines Pinsels oder ein an einem Halter befestigtes Stückchen Papier eingesetzt. Hierdurch gelingt es mit Leichtigkeit, beim weiteren Vorrücken des Messers den Schnitt etwas gehoben und angespannt zu halten; der fertige Schnitt bleibt am Pinsel oder Papier haften und wird ohne Mühe auf das Objektglas

übertragen. Um das Aufrollen der Schnitte zu verhüten, sind verschiedene automatische Vorrichtungen, sogenannte Schnittstrecker, erfunden worden; es bestehen dieselben wesentlich aus einem kleinen Cylinder, welcher, von einem federnden Drahte getragen, der Schnittfläche sanft aufliegt. F. E. Schulze befestigt die ganze Vorrichtung an dem Objektschlitten, Andres, Giesbrecht und Mayer an dem Messer. Von der Leistungsfähigkeit dieser Apparate haben wir uns überzeugt, ziehen jedoch das Strecken mit der Hand jeder automatischen Einrichtung vor.

Die Verfertigung mikroskopischer Präparate. Beim Anfertigen von Präparaten werden zweierlei Zwecke verfolgt. Entweder will man bloß den Gegenstand in geeignete Lage bringen, um ein klares mikroskopisches Bild zu erhalten, und ihn nur so lange konservieren, als es zur Untersuchung nötig erscheint, höchstens bis der in Angriff genommene Gegenstand fertig bearbeitet ist. Für ernste Forscher, welche ihre Zeit nicht auf Nebensächlichkeiten verschwenden wollen, halten wir diese Methode für die beste.

Es mag aber dennoch hin und wieder ein Präparat vorkommen, welches man aus irgend welchem Grunde konservieren muß; in Instituten ist eine Sammlung von Dauerpräparaten zu Lehrzwecken ein notwendiges Übel. Wir müssen also die Kunst, dauerhafte Präparate herzustellen, innehaben, aber keinen größeren Gebrauch davon machen, als geradezu notwendig erscheint.

Der Objektträger. Die meisten Präparate sind so klein und dünn, daß man sie einfach auf einem Glasstreifen, einem sogenannten Objektträger, aufzustellen und mit einem dünnen Glasblättchen, dem Deckgläschen, zu bedecken braucht. Als Objektträger sind heutzutage die in englischem Format hergestellten so allgemein verbreitet, daß sie alle anderen wohl bald gänzlich verdrängen werden. Dieselben sind $2^1/_2$ cm breit und $7^1/_2$ cm lang. Man greife sofort zu diesem Format, weil die Präparatenschachteln danach eingerichtet sind und man anders gestaltete Gläser nirgends unterbringen kann. Objektträger aus grünlichem Glase, deren Farbe übrigens nur dann wahrnehmbar ist, wenn man sie vom Rande her betrachtet, sind ebenso gut zu gebrauchen wie die aus rein weißem Glase hergestellten. Aus Spiegelglas geschnittene Objektträger pflegen viel zu dick zu sein; wir ziehen im Gegenteil die dünneren vor, weil sie sich zur Beleuchtung mit Abbe's oder anderen Kondensoren weit besser eignen. Es kommen im Handel solche vor, deren Ränder abgeschliffen sind, die aber fast um das doppelte teurer zu stehen kommen. An den billigeren scharfkantigen kann man durch zwei- oder dreimaliges Hin- und Herstreichen auf einer mit nassem Schmirgel beleckten Kupfer- oder Glasplatte die Kanten abtragen, worauf der Objektträger sofort abgespült wird, damit der anhaftende Schmirgel keine Ritzen verursache.

Das Putzen der Gläser. Für Canadabalsam- und für temporäre Präparate reicht es vollkommen aus, wenn die Objektträger vor dem Gebrauche gut abgewischt werden und optisch rein erscheinen; nicht so jedoch für Gegenstände, die man in Flüssigkeiten mittelst Firnißein-

rahmung aufzubewahren wünscht. Es muß in diesem Falle das Glas nicht bloß optisch, sondern auch chemisch rein sein. Unzählige Präparate sind wegen Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaßregeln verdorben worden. Es haftet nämlich der Firnißüberzug nur am chemisch reinen Glase. Sowie eine, wenn auch unsichtbar dünne Flüssigkeits- oder Fettschicht das Glas bedeckt, vermag sich der Firniß nicht mehr so fest mit dem Glase zu verbinden, daß ein Abspringen desselben auf die Dauer verhütet werde. Die Reinigung wird entweder in verdünnter Salpetersäure vorgenommen oder aber durch mehrstündiges Liegen in folgender Mischung:

Doppeltchromsaures Kali	30 g
Wasser	400 kcm
Schwefelsäure	30 kcm

Hierauf wird mit Wasser reichlich abgespült und mit einem reinen Tuche abgewischt. Es darf diese Operation nicht zu lange im voraus vorgenommen werden und die gereinigten Gläser müssen bis zum Gebrauche dicht verpackt bleiben; denn nach längerem Liegen setzt sich wieder eine Dampf- und Luftschicht an die Oberfläche, die man durch erneuerte Reinigung entfernen muß. Man hüte sich namentlich, die breiten Flächen der Gläser mit den Fingern zu berühren und die hierdurch aufgetragenen fettigen Substanzen mit dem Tuche über das ganze Glas zu verbreiten. Eine gute Reinigung, die man aber nicht zu oft wiederholen darf, erreicht man fast momentan durch kurzes Eintauchen des Objektträgers in stark verdünnte Flußsäure, die man in einer Guttaperchaflasche aufbewahrt. Nach dem Abspülen mit Wasser und Abtrocknen erhält man hierdurch eine ausgezeichnet reine Fläche.

Was von der Reinigung des Objektträgers gesagt wurde, gilt in eben solchem Maße von der Reinigung der Deckgläser für Einkittungspräparate.

Unterguſs zum Aufstellen der Objekte. Um etwaigem Verrücken oder Auseinanderfallen der Schnitte oder Zupfpräparate vorzubeugen, kann man auf den Objektträger eine Schicht auftragen, an welcher die aufgelegten Teile fest haften. Die Zusammensetzung dieser Schicht ist verschieden; sie richtet sich sowohl nach den Medien, worin sich das Objekt befindet, als nach denen, die zum Einschluß dienen sollen.

Schnitte aus Gummi- oder Seifeneinbettungen dürfen erst nach dem Auswässern aufgeklebt werden, weil sie im Wasser so stark aufquellen, daß sie ganz runzlig werden. Man kann den mittleren Teil des Objektglases, worauf das Objekt zu liegen kommt, mit Albumin anstreichen, das man durch Erhitzung auf etwa 100° C. in unlöslichen Zustand überführt, oder aber man verwendet hierzu eine Auflösung von Gelatine in Essigsäure mit Zusatz von etwas Chromalaun nach folgender Formel:

a) 4 g Gelatine werden auf dem Wasserbade in einer Flasche, die man öfters umschüttelt, in 20 kcm Eisessig gelöst.

b) 1 g Chromalaun wird in 20 kcm Wasser gelöst.

Vor dem Gebrauche vermischt man 5 kcm der Lösung a) mit 70 kcm Alkohol zu 70% und fügt dazu 1—2 kcm der Lösung b). Die Mischung breitet sich mit Leichtigkeit auf dem Glase aus.

Die an der Luft eingetrocknete Schicht geht nach einigen Stunden in den unlöslichen Zustand über. In Wasser getaucht, behalten diese Substanzen dennoch das Vermögen, etwas aufzuquellen, und aufgelegte dünne Teile bleiben an deren Oberfläche haften. Das ganze Objektglas wird in das Wasser, worin die Schnitte schwimmen, eingetaucht und, nachdem jeder Schnitt in die gewünschte Lage gebracht ist, langsam herausgehoben, worauf dann die Teile an der weichen Unterlage haften bleiben und ohne Mühe weiter behandelt werden können.

Das Aufkleben der Schnitte aus Paraffin. Schnitte aus Paraffin oder kleine Teile, die mit ätherischen Ölen durchtränkt und für den Einschluß in Harzmassen bestimmt sind, kann man auf verschiedene Weise aufkleben. Werden solche Schnitte mit Alkohol betupft, auf dem Objektträger ausgebreitet, an der Luft getrocknet und hierauf zum Einschmelzen des Paraffins erwärmt, so kann man sie nachher vorsichtig mit Terpentin oder Chloroform auswaschen, mit Alkohol behandeln und dann mit Glycerin bedecken und einschließen, ohne daß sie sich von der Unterlage loslösen. Die Operation gelingt aber doch nur bei sehr geschickter Behandlung. Etwas sicherer ist das Verfahren Flögel's, den Objektträger mit einer dünnen Gummilösung (1 : 20), welcher man eine Spur Alkohol zusetzt, zu bepinseln, trocknen zu lassen, die Schnitte kurz vor dem Gebrauche anzuhauchen und hierauf auszubreiten. Nach dem Eintrocknen läßt sich das Paraffin in Benzin auswaschen und die Schnitte bleiben in der Regel fest angeklebt.

Die älteste unter den sicheren Methoden ist von Dr. Giesbrecht erfunden worden und besteht darin, daß man den mittleren Teil des Objektglases mit einer fast konzentrierten Auflösung von Schellack in Alkohol anstreicht.

Das vorher etwas erwärmte Glas wird etwas schief gehalten, und man fährt mit einem in die Lösung getauchten Glasstabe gleichmäßig darüber hin, indem man den Glasstab auf den Objektträger flach auflegt. Mit einiger Übung erhält man leicht die nötige Stärke und Gleichmäßigkeit der Schicht, welche so dünn sein soll, daß man sie nur mit Mühe wahrnehmen kann. Gleich nach dem Auftragen erwärmt man wieder mäßig das Objektglas, bis die Schicht vollkommen durchsichtig eingetrocknet ist. Kurz vor dem Gebrauche wird nun die Lackschicht ganz oberflächlich mit einer minimalen Menge Kreosot oder Nelkenöl betupft, wodurch sie eine klebrige Beschaffenheit annimmt. Nach Caldwell's Angabe kann man aber auch einfacher den Schellack durch Erwärmen direkt in Kreosot auflösen und die dickliche Flüssigkeit zum Bestreichen der Objektträger benutzen. Schnitte aus Paraffin einzeln oder serienweise werden auf diese weiche Fläche gelegt und mit dem Pinsel ausgebreitet. Hierauf wird das Präparat gelinde erwärmt, am besten im Brütofen, bis das Paraffin geschmolzen und das Nelkenöl oder Kreosot abgedampft ist. Nach dem Erkalten kann man es ohne Gefahr in Benzin oder Terpentinöl eintauchen, um das geschmolzene Paraffin wegzulösen; dann wird es herausgenommen, das überflüssige Lösungsmittel abgewischt, ein Tropfen Canadabalsam zugegeben und eingedeckt. Die in Benzin und Terpentinöl unlösliche Lackschicht hält die aufgelegten Teile so fest, daß sie nicht aus ihrer Lage verschoben werden.

Ferner haben Frenzel und Threllfall zwei nur wenig von einander abweichende Verfahren angegeben, welche auf der Anwendung eines Kautschuk- oder Guttaperchauntergusses beruhen.

Frenzel nimmt zum Bestreichen der Objektgläser eine dickliche Lösung von Guttapercha in Chloroform und Benzin, läßt die Schicht an der Luft eintrocknen, breitet die mit absolutem Alkohol benetzten Schnitte darauf aus und erwärmt das Präparat 5 bis 10 Minuten lang auf den Schmelzpunkt des Paraffins. Die Schnitte haften alsdann, wenn auch nicht sehr fest, an der Unterlage und können ausgewaschen werden.

Ebenso gut, wenn nicht besser, ist die Methode Threllfall's, den Objektträger mit einer Auflösung von Kautschuk in Benzin oder Chloroform zu bedecken und nach dem Eintrocknen die Schnitte trocken darauf auszubreiten. Beim Erwärmen auf den Schmelzpunkt des Paraffins nimmt der Kautschuk eine klebrige Beschaffenheit an und hält die Schnitte ziemlich fest. In beiden Fällen wird das Auswaschen in Naphthaöl oder Neolin vorgenommen, worauf man entweder direkt Canadabalsam auftragen oder in absoluten, dann schwachen Alkohol einlegen und schließlich in Glycerin oder Glycerinleim aufstellen kann.

Bei weitem bequemer und sicherer als die angegebenen Methoden ist die von Schällibaum eingeführte, welche auf der Löslichkeit der Schießbaumwolle in Nelkenöl beruht.

Ein Teil Nelkenöl wird mit 3 bis 4 Raumteilen dicklichen Kollodiums vermischt und die Mischung mit dem Pinsel in dünner Schicht auf das Objektglas aufgetragen. Auf der frisch ausgebreiteten Schicht werden die Schnitte trocken ausgebreitet und das Ganze bei der zum Einschmelzen des Paraffins nötigen Temperatur einige Minuten im Brütofen gelassen. Die erkalteten Präparate können in Benzin, Terpentin, Xylol, Naphtha u. s. w. ausgewaschen, in Harzen eingeschlossen werden, kurz man kann sie auf die verschiedensten Weisen behandeln. Zeigt sich zwischen den Schnitten eine Trübung der Kollodiumschicht, was nach zu dickem Bestreichen zuweilen vorkommt, so kann man dieses durch Pinseln mit Nelkenöl aus den betreffenden Stellen beseitigen. Ein netzförmiges Aussehen der Unterlage innerhalb der vom Schnitte bedeckten Stelle ist öfters recht störend; man vermeidet diesen Übelstand durch dünneres Anstreichen mit der Kollodiumauflösung und durch gelindes, vorsichtiges Erwärmen.

Diese schon sehr umfangreiche Technik ist in neuester Zeit von seiten P. Mayer's durch den Gebrauch des Albuminuntergusses wesentlich erweitert worden.

Ein frisches Eiweiß wird auf einen mit destilliertem Wasser benetzten weichen Papierfilter geworfen und etwas salicylsaure Natronlösung zugesetzt, um die Entwicklung von Spaltpilzen zu verhüten. Nach einigen Stunden wird das Filtrat mit gleichem Volumen Glycerin und etwas von der Salicyllösung gemengt. Wir nehmen lieber zu Schnee geschlagenes, abgestandenes und mittelst der Saugpumpe schnell filtriertes Eiweiß, das wir zu gleichen Raumteilen mit Glycerin versetzen und nochmals filtrieren. Der Mischung, die wir in wohlverschlossenen Gläsern aufbewahren, werden einige Kampherstückchen oder einige Tropfen Karbolsäure als Antisepticum zugesetzt. Von dieser Flüssigkeit wird mit einem feinen Haarpinsel eine dünne Schicht auf den gut gereinigten Objektträger aufgetragen, die Schnitte werden darauf ausgebreitet und das Präparat nun einige Minuten im Brütofen gelassen. War der Gegenstand in Paraffin eingebettet, so schmilzt die Masse in deren Umgebung und verdrängt die Albuminschicht, wodurch die Schnittränder noch ein reineres Aussehen gewinnen. Man kann nun das Präparat mit Terpentin auswaschen und mit Alkohol, Wasser, Färbemitteln, Glycerin u. s. w. behandeln, ohne ein Ablösen der angeklebten Teile befürchten zu müssen; werden Kernfärbungen angewandt, so bleibt das Albumin farblos, ein nicht unwesentlicher Vorteil vor der Schällibaum'schen Methode. Zum

Aufstellen in Canadabalsam muß jedoch das Präparat mit Alkohol gut ausgewaschen werden, weil sonst im Albumin eine gewisse Menge Glycerin zurückbleibt, welche nachträglich nebelartige Trübungen erzeugt..

Einschlufsmedien. Bei der Wahl der zum Einschließen der Präparate geeigneten Substanzen kommen namentlich folgende Eigenschaften derselben in betracht: 1) Ihr Konservationsvermögen, resp. ihre antiseptische Wirkung; 2) ihre Beständigkeit oder Flüchtigkeit; 3) ihre chemische Einwirkung auf die tierischen Gewebe; 4) ihre osmotische Wirkung; 5) ihr Brechungs- und Zerstreuungsvermögen.

Man kann so ziemlich alle Konservierungsflüssigkeiten und deren Mischungen in den verschiedensten Verhältnissen zum Einlegen mikroskopischer Teile anwenden; in speziellen Fällen kann man auch spezielle Zusammensetzungen ausprobieren, um einen bestimmten Zweck zu erreichen. Einer allgemeinen Anerkennung erfreuen sich jedoch nur wenige Medien, die wir der Reihe nach anführen wollen.

Das Wasser, Brechungsindex (für die Linie *D*): 1,333, Zerstreuungsexponent (für die Linien *H* bis *B*): 0,01305, ist ein ausgezeichnetes, nur zu oft vernachlässigtes Untersuchungsmedium. Mit etwas Karbolsäure, Kreosot oder Salicylsäure versetzt, kann man gut fixierte Präparate ziemlich lange Zeit darin aufbewahren. Ein guter luftdichter Verschluß ist unumgänglich notwendig, weil die Flüssigkeit sonst gar bald eintrocknet.

Dem Wasser fast gleich wirkt eine Mischung von 9 Raumteilen destillierten, frisch abgekochten Wassers mit einem Raumteil Alkohol, dem man so viel Kampher zusetzt, als sich nach mehreren Tagen und nach mehrmaligem Schütteln darin aufzulösen vermag. Es hat diese Flüssigkeit dieselben antiseptischen Eigenschaften, wie das Karbolwasser, und läßt die Präparate nicht so bald trübe werden, wie letztere.

Die verdünnten Sublimatlösungen nach Goadby und Pacini (s. S. 103) kommen dem Wasser in optischer Beziehung fast gleich, üben aber auf die Dauer eine störende chemische Wirkung aus. Es gilt das gleiche von den verdünnten Chromsäure- und chromsauren Kalilösungen, sowie von einer kalt gesättigten, mit dem dreifachen Volumen Wasser vermengten wässerigen Auflösung der arsenigen Säure (Harting).

Wässerige Chlornatriumlösungen zeichnen sich durch relativ starkes Zerstreuungsvermögen aus. Es besitzt z. B. eine 8,6%ige Lösung in Wasser den Zerstreuungsexponenten 0,0143, während ihr Brechungsindex bloß 1,347 beträgt. Etwa 2%ige Chlornatriumlösungen sind zur Untersuchung und kurzen Aufbewahrung der Präparate sehr empfehlenswert.

Das essigsaure Kali. Eine fast konzentrierte Lösung des Kaliacetates in Wasser hat nach Sanio's Vorgang Max Schultze empfohlen; es verhält sich diese Lösung etwa wie Glycerin, trocknet am Rande nicht ein und ist dabei weniger lichtbrechend (Brechungsindex für die Linie D: 1,370, Ch. Soret). Trotz dieser Vorteile hat diese Lösung keinen großen Beifall

gefunden, weil die Präparate eine chemische Veränderung erleiden und keine schönen Bilder liefern. Manche anilingefärbte Bakterienpräparate jedoch halten sich in diesem Einschlußmedium recht gut.

Der Alkohol ist wegen seiner Flüchtigkeit und der Schwierigkeit, ihn dauernd einzuschließen, zur Verfertigung von Präparaten wenig geeignet. Da man jedoch hin und wieder in Alkohol untersucht, wenn man die quellende Eigenschaft des Wassers vermeiden will, so sei hier bemerkt, daß der gewöhnliche Äthylalkohol zu 39% einen Brechungsexponenten von etwa 1,357 besitzt; 90%iger Alkohol etwas mehr: 1,363, während der Zerstreuungsindex des letzteren 0,0137 beträgt.

Das Glycerin, das sich direkt mit Wasser und mit Alkohol vermengt, ist vermöge seiner Lichtbrechung eine der wertvollsten Einschlußflüssigkeiten, die wir überhaupt besitzen. Der Brechungsexponent des 50%igen Glycerins beträgt 1,392, während derselbe für chemisch reines Glycerin bis zu 1,462 ansteigt; dabei bleibt der Zerstreuungsexponent des ersteren bei 0,0150, der des letzteren auf 0,0171 stehen. Es sind dies sehr wichtige optische Eigenschaften, welche die Eigentümlichkeiten des Bildes beim Glycerineinschluß zur genüge aufklären. Die minder lichtbrechenden Harze besitzen ein anderthalb bis zweimal so großes Zerstreuungsvermögen.

Als Konservationsmittel läßt das Glycerin wenig zu wünschen übrig; die Spaltpilze, welche die Zersetzung organischer Körper bewirken, gehen fast sämtlich in dieser Flüssigkeit zu grunde. Drei Arten jedoch sind bisher bekannt geworden, welche im Glycerin gedeihen und dasselbe zersetzen. Die erste Gährung besteht in einer Abspaltung, bei welcher unter Luftzutritt Alkohol, Kohlensäure und Wasserstoff entstehen; bei Luftabschluß entsteht kein Alkohol. Bei der zweiten Gährungsform entsteht Butylalkohol statt des gewöhnlichen Äthylalkohols. Die dritte Zersetzungsweise endlich findet bei Luftabschluß statt und ergiebt verschiedene Spaltungsprodukte, unter welchen die Bernsteinsäure in größerer Menge auftritt. Ob diese Spaltpilze die alleinige Ursache der körnigen Beschaffenheit sind, die manche Präparate nach Jahren annehmen, mag dahingestellt sein. Es empfiehlt sich jedoch, das Glycerin wohlverschlossen aufzubewahren, es zeitweise auf 100° oder 120° C. zu erhitzen und mit etwas Karbolsäure zu versetzen. Lange Zeit an der Luft abgestandenes Glycerin nimmt etwa den dritten Teil seines Volumens Feuchtigkeit auf, deren mehr oder weniger sich nach dem Feuchtigkeitsgrad der Luft richtet. Man sollte daher von Zeit zu Zeit die gebrauchten Fläschchen entleeren und von neuem mit reiner Flüssigkeit füllen. Da das Glycerin an den Flächen leicht sich ausbreitet, bleibt es zwischen Stöpsel und Flaschenhals in bedeutender Menge haften und fließt über den Hals des Gefäßes auf dessen äußeren Wänden herab, wodurch Tisch und Finger mit der klebrigen Flüssigkeit beschmutzt werden. Diesen lästigen Übelstand vermeidet man, indem man für das Glycerin eine besondere hierneben abgebildete Flaschenform benutzt, deren trichterförmig ansteigender Hals das austretende Glycerin stets wieder in die Flasche zurückfließen läßt; auch bietet der spitz auslaufende Stöpsel das bequemste Mittel, um einen Tropfen auf das Präparat zu übertragen.

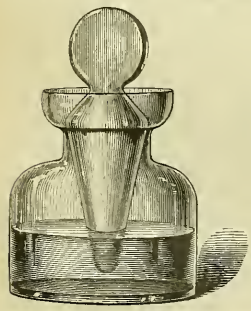


Fig. 70. Glycerinflasche mit spitzem Glasstöpsel und trichterförmigem Halse.

Die Glycerinmischungen. Außer dem reinen, wasserfreien Glycerin sollte der Mikroskopiker stets je eine zu $^1/_2$ und zu $^2/_3$ mit Kampherwasser versetzte Mischung vorrätig haben, deren optische und osmotische Wirkungen sehr verschieden sind.

Manche Gewebe können das reine, plötzlich zugesetzte Glycerin nicht vertragen, sondern schrumpfen durch Exosmose ihrer wässerigen Flüssigkeiten ein; stark verdünntes Glycerin, das man an der Luft abdampft oder nach und nach durch stärkeres ersetzt, läßt diesen Übelstand meistens nicht verspüren, weil die Durchdringung ganz allmählich stattfindet. Eine ziemlich starke Schrumpfung, aber auch eine bedeutende Aufhellung bewirkt die das Licht stark brechende Bastian'sche Mischung, bestehend aus 15 Gewichtsteilen reinen Glycerins und einem Gewichtsteil krystallisierter Karbolsäure. Es sei nur erinnert, daß wässerige Gemenge an der Luft einen Teil des Wassers verlieren und sich verdicken, während das wasserfreie Glycerin eine gewisse Menge Wasser aus der Luft an sich zieht.

Glycerin mit Alkohol zu gleichen Teilen vermischt, bildet eine Konservierungsflüssigkeit, in welcher die Gewebe längere Zeit geschmeidig bleiben. Mit Wasser, Holzessig und Salicylsäure stellt sich Fr. Meyer folgende Mischungen her, die sich zur Konservierung niederer mikroskopischer Tiere eignen·

Zunächst wird eine Lösung bereitet aus 100 Teilen Holzessig und 1 Teil Salicylsäure.

1) 1 Raumteil reines Glycerin, 2 Rt. destill. Wasser, $^1/_{10}$ Rt. der sauren Lösung für kleine Tiere;
2) 1 Rt. Glycerin, 4 Rt. Wasser, $^1/_{10}$ Rt. Salicyl-Holzessig für Infusorien:
3) 1 Rt. Glycerin, 20 Rt. Wasser, 1 Rt. der Säure für wasserreiche mikroskopische Organismen

bilden ziemlich gute Einschlußflüssigkeiten.

Außer dem Glycerin als Einschlußmittel sehr brauchbar sind sowohl die Auflösungen von Gelatine als das in letzterer Substanz aufgelöste Gummi arabicum. Beide, namentlich das Gummiglycerin, sind stärker lichtbrechend als das Glycerin und haben dazu eine größere osmotische Wirkungsfähigkeit. Um die auf letzterer Eigenschaft beruhenden Schrumpfungen zu vermeiden, sollte man die Gewebeteile zuerst mit Glycerin durchtränken und dann in jene Auflösungen einlegen.

Der Glycerinleim. Der Glycerinleim muß entweder warm angewandt werden, oder man legt ein ausgeschnittenes Stückchen auf den Objektträger und erwärmt dasselbe vorsichtig, bis die Masse schmilzt. Zu starkes Erwärmen läßt Luftblasen auftreten, die man absolut vermeiden sollte. Es bietet aber dieses Einschlußmittel den nicht zu hoch anzuschlagenden Vorteil, daß die Masse beim Erkalten zu Gallerte gesteht, wodurch das Abputzen und Umranden des Präparates wesentlich erleichtert wird. Ein guter Verschluß ist übrigens für solche Präparate ebenso notwendig wie für Glycerinpräparate, weil die Masse sonst durch Abdampfung ihr Wasser verliert, an dessen Stelle Luftblasen vom Rande aus eintreten.

Am einfachsten stellt man diese Masse aus dem oben (S. 116) angegebenen konzentrierten Glycerinleim her, den man mit dem halben bis ganzen Volumen Wasser und etwa 2—5% einer Auflösung von Kampher, Salicylsäure oder Karbolsäure vermengt und zusammenschmilzt, und zwar richtet sich die Menge des antiseptischen Mittels nach der vorher zugesetzten Wassermenge.

Wir haben aber auch mit Erfolg die der Bachmann'schen Zusammensetzung ähnlichen beiden folgenden Formeln angewandt:

Starke Lösung: Gelatine 30, Wasser 70, Glycerin 100, Kampherlösung in Alkohol 5;

Schwache Lösung: Gelatine 20, Wasser 150, Glycerin 100, Alkohol mit Kampher 15.

Die Gelatine wird zunächst in Wasser eingeweicht und dann erst auf dem Wasserbade geschmolzen, worauf man das nötige Quantum Glycerin zugießt und schließlich den Alkohol tropfenweise und unter starkem Umrühren hinzufügt.

Das Gummi-Glycerin. Eine ganz verschiedene Anwendungsweise wie oben genannte Masse findet die von Farrant angeführte Gummi-Glycerinlösung. Die neueste und beste Formel lautet folgendermaßen:

Ausgewähltes Gummi arab. 4 Teile, dest. Wasser 4 Teile, Glycerin 2 Teile und etwas Kampher. Diese Mischung wird zeitweise umgerührt, ohne Schütteln und ohne Erwärmen, bis nach tage- und wochenlanger Behandlung die Auflösung erfolgt ist; schließlich koliert man sie durch nasses Leinenzeug (Batist). Wir stellen uns jedoch lieber zunächst einen möglichst dicken Gummischleim her, dem wir etwa die Hälfte des Volumens Glycerin und einige Kampherstückchen zusetzen. Die fertige Lösung soll in breithalsigen Flaschen mit aufgestülpten hohlen Stöpseln, wie die für Canadabalsam bestimmten (s. weiter unten S. 140), aufbewahrt werden.

Die Masse ist, namentlich nach dem Eintrocknen, bedeutend stärker lichtbrechend, als reines Glycerin. Die vorher mit Glycerin durchtränkten Teile werden einfach in einem Tropfen jener Masse auf den Objektträger gebracht, bedeckt und ohne Umrandung einfach an der Luft stehen gelassen, bis der Rand fest geworden ist. Bequem ist die Handhabung dieser Einschlußmasse jedenfalls und für manche Tiere, namentlich für Crustaceen, recht empfehlenswert; die osmotische Wirkung der Lösung ist aber so stark, daß die meisten Gewebselemente darin einschrumpfen.

Die harzigen Einschlufsmittel. Die in der Natur und im Handel vorkommenden Harzmassen sind keine einfachen chemischen Verbindungen, sondern vielmehr verschiedenartige Mischungen von den ätherischen Ölen bis zu den bröckeligen oder krystallinischen Substanzen. Durch Destillation oder langes Liegenbleiben an der Luft können manche Harze ihrer Lösungsmittel verlustig werden, und es bleibt dann nur der feste Bestandteil zurück; Kolophonium, Sandarak, Damarharz u. a. sind solche ihrer flüchtigen Bestandteile beraubte Materien. Andere Harze dagegen, wie z. B. der Canada-, der Copaivabalsam u. a., werden im frischen, halbflüssigen Zustande gesammelt und aufbewahrt. Die meisten sind nur in Essenzen und in Chloroform löslich, manche sogar nur in Alkohol. Nimmt man aber ein ätherisches Lösungsmittel, so stellt man das ursprüngliche Verhältnis wieder her, und namentlich mit Terpentin- oder

Eukalyptusöl wird ein Gemenge hergestellt, welches sich nur langsam verdickt und nach vielen Jahren eine immer noch weiche Konsistenz behält. Es ist dieses eine für längere Konservierung der Präparate höchst wichtige Eigenschaft. In Chloroform oder Alkohol gelöste essenzfreie Harze dagegen werden recht bald hart und spröde, nehmen ein krystallinisches Gefüge an oder lassen Luftblasen in ihrem Innern auftreten, wodurch das Präparat zu grunde geht.

Eine ganze Sammlung von Schnitten über Histologie der Anneliden war von Claparède in Damarharz mit Chloroform als Lösungsmittel eingeschlossen worden; diese Sammlung wurde nur mit Mühe und Not durch Verfasser gerettet, indem er alle Schnitte in Eukalyptusöl von der umgebenden spröden Masse befreite und in Canadabalsam neu aufstellte. Überall war das Harz auskrystallisiert, mit Luftblasen gefüllt und die Deckgläschen abgesprungen. Ähnliche unangenehme Erfahrungen hat Verfasser mit dem in Alkohol gelösten Kolophonium oder Sandarak gemacht. Chloroform ist also nur als Verdünnungsmittel für den an und für sich schon weichen Canadabalsam zulässig.

Der Canadabalsam. Den ersten Rang unter allen ähnlichen Einschlußmitteln nimmt unstreitig der Canadabalsam ein. Im Handel trifft man dickflüssige, fast farblose Sorten von eigentümlichem angenehmen Geruch; dies sind die besten. Gelbe, fest gewordene, fast geruchlose Sorten sind zu verwerfen. Mit der Zeit vergilbt der Balsam schon ohnehin durch das Eintrocknen. Sein ziemlich starkes Brechungsvermögen, dem des Kronglases sehr ähnlich, beträgt durchschnittlich 1,54. Es können nur wasserfreie Teile darin eingeschlossen werden, also trockene Schalen, Knochen etc. oder aber entwässerte Gewebe, welche nach gehöriger Fixierung eine Zeitlang in absolutem Alkohol gelegen haben, den man hernach durch ätherische Öle, Chloroform oder sonstige Lösungsmittel des Canadabalsams verdrängen läßt. Sehr kleine Teile können durch Kreosot oder besser durch konzentrierte Karbolsäure gleichzeitig fixiert, entwässert und aufgehellt werden, indem sich beide Flüssigkeiten mit dem Canadabalsam leicht vermischen. Das Verfahren ist aber sonst wenig zu empfehlen, weil die Entwässerung nur langsam stattfindet und mit beträchtlichen Schrumpfungen verbunden ist. Canadapräparate bedürfen keiner Umrandung, weil das Harz am Rande fest wird und einen Rand bildet, welcher das Innere vor schnellem und zu vollständigem Austrocknen schützt.

Nur in ganz seltenen Fällen wird der Balsam im ursprünglichen zähflüssigen Zustande gebraucht oder gar noch durch Erwärmen an der Luft besonders zum Verdicken gebracht (für trockne Knochenschliffe z. B.). In der Regel nimmt man eine ziemlich syrupdicke oder noch dünnflüssigere Auflösung desselben in Terpentinöl, Xylol, Benzol oder Chloroform. Am langsamsten trocknet die Terpentinöllösung, am schnellsten die in Chloroform. Das Benzol bildet ein beliebtes Verdünnungsmittel, welches aber chemisch rein und wasserfrei sein muß, weil sonst äußerst störende tropfenförmige Absonderungen im Präparat vor sich gehen, welche, mit bloßem Auge betrachtet, wie ein Nebel aussehen und das ganze Bild ruinieren.

Die Canadabalsamauflösungen müssen in besonderen Flaschen aufbewahrt werden, welche einen gläsernen glockenförmigen Stöpsel besitzen und deren breiter Hals mit einem nach einwärts trichterförmigen Rande (Fig. 71 *R*) versehen ist, damit die überschüssige Flüssigkeit, die man vor dem Auftragen vom Glasstabe abstreicht,

wieder in das Innere der Flasche zurückfließt, ohne den äußeren Rand zu beschmutzen.

Luftblasen soll man im Präparate möglichst vermeiden; dieselben treten übrigens nur beim Gebrauch des unverdünnten Balsams auf. Man bringe sie vor dem Auflegen des Deckgläschens durch Berühren mit einer heißen Nadelspitze zum Platzen. Beim Auflegen des Deckgläschens werden neue Luftblasen schwerlich entstehen, wenn man die Unterfläche des Gläschens vorher mit Benzol oder Terpentinöl angefeuchtet hat. Sind die Präparate am Objektglase aufgeklebt, so lege man den Tropfen verdünnten Balsams auf das Deckglas und lasse es alsdann auf die mit Terpentin soeben ausgewaschenen, noch feuchten Schnitte fallen. Um kleine Luftblasen braucht man sich nicht zu kümmern, da sie am folgenden Tag nirgends mehr im Präparate wahrzunehmen sind. Sie verschwinden von selbst durch Diffundieren der Gase in die Harzmasse.

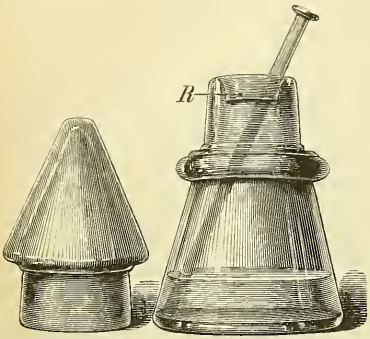


Fig. 71. Canadabalsamflasche mit Stöpsel.

Beim Gebrauch der Canadabalsamauflösungen soll man darauf achten, daß die Harzschicht infolge des Eintrocknens nicht zu dünn werde und das Präparat zerdrücke. Zu diesem Zwecke setze man also nach einer Weile am Rande des Deckgläschens einen frischen Tropfen hinzu, welcher das verdünstete zu ersetzen bestimmt ist. Ist die Masse nur wenig verdünnt, so kann man gleich so viel auftragen, daß ein Nachfüllen unnötig wird, und die Erfahrung lehrt recht bald, das Richtige in dieser Beziehung zu treffen.

Damarharz. Dem Canadabalsam sehr ähnlich ist das Damarharz. Im Handel kommt letzteres in Form brüchiger Massen vor, aus denen man die besten farblosesten Stücke auswählen muß. Man hüte sich, dieselben in Chloroform oder reinem Benzol aufzulösen, sondern nehme dazu Terpentinöl oder eine Mischung von Terpentinöl und Benzol zu gleichen Teilen, weil die Lösung in reinem Terpentin gar zu langsam eintrocknet. Es lassen sich auch beide Harze miteinander vermischen, wodurch eine ganz zuverlässige und zum Gelbwerden wenig hinneigende Mischung erhalten wird.

Kolophonium. Dieser Stoff stellt eine homogene, brüchige, zwischen hellgelb und braun variierende Masse dar. Obschon das Lichtbrechungsvermögen dieses Harzes im trockenen Zustande demjenigen des Canadabalsams gleichkommt (1,546, Ch. Soret), kann es dennoch als schwächer lichtbrechendes Einschlußmittel gelten, weil die Auflösung in Terpentinöl weit weniger lichtbrechend ist, als das reine Harz, und erst nach Jahren eintrocknet. Dennoch kann die Masse mit Bezug auf die Permanenz der Präparate keine vollkommene Zuverlässigkeit beanspruchen. Es empfiehlt sich dieselbe bloß wegen der optischen Eigenschaft, in feuchtem Zustande Gegenstände von 1,4 bis 1,5 Brechungsindex noch recht gut sichtbar zu machen; manche Zellmembranen und Interzellularstrukturen, die im Balsam verschwinden, sind im Kolophonium nach Monaten noch deutlich unterscheidbar.

Mastix, Sandarak und andere wenig lichtbrechende Harze haben sich als unpraktisch erwiesen und besitzen in optischer Beziehung vor dem Kolophonium keinerlei Vorteile.

Stark lichtbrechende Harze. Anstatt das Objekt in schwach lichtbrechenden Harzen deutlicher zu machen, kann man den nämlichen Zweck in entgegengesetzter Weise erreichen, indem man dasselbe in sehr stark lichtbrechende Massen einschließt; denn es entspricht der Grad der Sichtbarkeit einer jeden Struktur genau dem Unterschiede zwischen der lichtbrechenden Eigenschaft des Objektes und seiner Umgebung. Dabei ist zu beachten, daß gerade diejenigen Strukturen, welche in ersteren Einschlußmedien verschwinden, in den letzteren am meisten hervortreten, und umgekehrt. In stark lichtbrechenden Harzen sind somit die am wenigsten brechenden Partieen die deutlichsten, indem sie sich ähnlich wie hohle Räume, etwa wie eine Luftblase im Wasser, verhalten. Wir haben es also in der Hand, von demselben Objekte Präparate herzustellen, welche sich gegenseitig ergänzen und die verschiedenen Teile in verschiedener Weise zur Anschauung bringen.

Zu solchen stark lichtbrechenden Substanzen gehören vor allen das Styrax, eine bräunliche, im Handel unrein vorkommende Substanz, die man in Chloroform auflösen und filtrieren muß. Besser ist der nahe verwandte Liquidambar, welcher den großen Vorteil fast vollkommener Farblosigkeit besitzt, aber bisher nur in Amerika käuflich zu haben ist. Beide haben einen Lichtbrechungsindex von nahezu 1,6 aufzuweisen. Wir können den Styrax trotz seiner braunen Farbe nach eigener Erfahrung empfehlen.

Das Monobrom-Naphtalin. In bestimmten Fällen kann man sogar zum Monobrom-Naphtalin (mit Brechungsindex 1,658 und Dispersionsvermögen 0,0837) greifen, welches sich zwar als Einschlußmittel weniger praktisch erweist, da es einer Umrandung bedarf, aber immerhin seine Nützlichkeit haben mag. Nach M. Flesch sind die Präparate nur anfangs scharf, verlieren aber nachher diese Eigenschaft allmählich. Wenn sie vorher sorgfältigst entwässert werden, hält sich das Präparat mit Wachs umrandet und bei Lackeinschluß recht gut. Als Lösungsmittel des Monobrom-Naphtalins dienen Alkohol und Äther.

Der Phosphor. Endlich sei hier der Phosphor erwähnt, dessen Lösung in Schwefelkohlenstoff den Brechungsindex 2,10 besitzt, der jedoch wegen der großen Giftigkeit und Feuergefährlichkeit schwerlich unter den praktischen Arbeitsmitteln einen Platz finden dürfte. Stephenson und Monnis haben die Vorschriften über den Gebrauch des Phosphors genau angegeben.

Das Fertigstellen der Präparate. Hat man den Gegenstand in einem Tropfen der Einschlußflüssigkeit von gehörigem Umfang auf die Mitte des gereinigten Objektträgers gebracht, so hat man ihn mit der Lamelle zu bedecken. Dies geschieht dadurch, daß man das Deckgläschen, nachdem zuvor die Unterfläche angehaucht resp. mit Benzol benetzt ist,

mit dem einen Rande schräg auflegt, den entgegengesetzten Rand mit der Pincette erfaßt und wie den Deckel einer Dose ruhig zuklappt. Oder aber man läßt es von geringer Höhe horizontal auf das Objekt fallen, was man nach einiger Übung ohne Mühe mit den Fingern zu stande bringt; andernfalls kann man sich leicht mit folgendem Kunstgriff behelfen. Einem gewöhnlichen Kolpeurynter mit Elfenbeinkanüle wird die Kanülenspitze auf dem Schleifstein quer abgeschliffen. Drückt man nun auf den Kautschukbehälter und appliziert gleichzeitig die Kanüle auf ein Deckglas, so haftet dasselbe beim Nachlassen der Finger infolge des Luftdruckes an der geschliffenen Kanülenfläche und kann auf diese Weise abgehoben und oberhalb des Objektes in gehörige Stellung gebracht werden. Jetzt drückt man wieder auf den Kautschukbehälter, und das Deckglas fällt sofort auf das Objekt horizontal herab.

Das Einkitten. Mit Ausnahme der harzigen Einschlußmittel bedürfen alle übrigen eines Verschlusses durch Kittsubstanzen, welche den Deckglasrand mit dem Objektträger fest verbinden sollen. Dieser Kitt muß folgende Eigenschaften haben: Er soll am Glase fest haften, nicht zu langsam trocknen, beim Festwerden keine brüchige Beschaffenheit annehmen und keine Sprünge bekommen, schließlich durch das Einschlußmedium weder aufgelöst, noch chemisch angegriffen werden können.

Das Haften an den Glasflächen hängt, wie oben auseinandergesetzt wurde, vor allen Dingen von der Reinlichkeit derselben ab. Hat man etwas zu viel der Einschlußflüssigkeit dem Präparate zugesetzt, so daß dieselbe beim Auflegen des Deckglases am Rande hervortritt, so muß der Überschuß durch Aufsaugen mit einer Pipette, einem feuchten Pinsel oder feuchtem Löschpapier entfernt werden. Dabei sind aber die Ränder des Deckglases und die Oberfläche des Objektträgers um dasselbe herum benetzt worden; der aufgetragene Kitt kann an diesen Stellen nicht mehr haften, sondern an den von der Flüssigkeit noch unberührten Glasflächen. Es gilt dieses vor allen von den klebrigen hygroskopischen Einschlußmedien, wie Glycerin, Chlorcalcium oder essigsauren Kalilösungen u. a. m. Noch schlimmer wird die Sache, wenn man den Flüssigkeitsüberschuß ungeschickt aufsaugt, die umgebenden Flächen benetzt und nun gar mit einem Lappen abwischt, wie es die meisten thun. Das ausgetretene Glycerin mit einem in Alkohol getauchten Lappen so weit zu entfernen, daß man von der ausgebreiteten Flüssigkeit nichts mehr sieht, kann allerdings, obgleich nicht ohne Mühe, gelingen, es bleibt aber trotz allen Abreibens so viel an dem Glase haften, daß der Firniß mit der Glasfläche keine feste Verbindung eingehen kann. Wo es sich um Dauerpräparate handelt, sei man vor allen Dingen besorgt, die Zusatzflüssigkeit so genau abzumessen, daß sie am Rande nicht hervortrete, was man mit einiger Übung recht wohl erreichen kann. Ist dennoch etwas zu viel oder zu wenig zugesetzt worden, so muß die Entfernung oder die Zugabe der Flüssigkeit recht geschickt vorgenommen werden, um nicht die Umgebung zu benetzen.

Pipetten und Pipettenflaschen. Das richtige Aufträufeln der Einschlußflüssigkeit wird durch den Gebrauch von Pipetten wesentlich erleichtert. Zum Aufbewahren der Zusatzflüssigkeiten verdienen deshalb Pipettenflaschen (Fig. 72) beste Empfehlung. Anstatt des Stöpsels führen solche Flaschen eine mit einer Kautschukmembran überspannte Pipette, welche die Menge der zugesetzten Flüssigkeit auf das Genaueste abzumessen gestattet. Ebenso gut dienen zu diesem Zwecke die mit einem oben verschlossenen Kautschukrohre versehenen Pipetten; der Mikroskopiertisch sollte stets mit einer Anzahl solcher in verschiedenen Größen und Gestalten versehen sein.

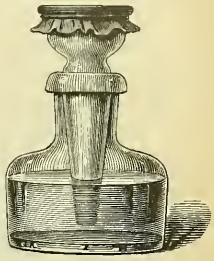


Fig. 72. Pipettenflasche.

Das Umranden von Glycerinpräparaten. Glycerinpräparate dürfen nicht direkt mit Firniß umrandet werden, weil alle Harzmassen auf die Dauer mit dem Glycerin chemische Verbindungen eingehen, welche die Flüssigkeit oft ganz trübe machen und das ganze Präparat verderben. Es sollte daher stets zuerst ein Verschluß am besten mit Paraffin stattfinden.

Das Kerosin dürfte wohl die gleiche Eigenschaft besitzen, sich dem Glycerin gegenüber in chemischer Beziehung indifferent zu verhalten.

Den Paraffinverschluß bewerkstelligt man am bequemsten mit einem Kupferdraht, der in einem hölzernen Schafte befestigt und dessen Ende unter einem stumpfen Winkel umgebogen ist. Nach einem mäßigen Erhitzen der Drahtspitze in der Flamme berührt man sie mit einem Stück Paraffin, welches man von der festen, schwer schmelzbaren Sorte nehme. Es haftet sofort am Drahte ein Tropfen der geschmolzenen Masse, den man an den Ecken des Deckgläschens aufträgt. Nach dem Erkalten des Paraffins ist das Deckglas so weit befestigt, daß man ein Verschieben desselben während der nachfolgenden Operation nicht mehr zu befürchten hat. Nun wird der Draht wieder erwärmt, dessen umgebogenes Ende mit Paraffin beladen und den Seiten des Deckglases flach aufgelegt. Ist der Verschluß etwas unregelmäßig ausgefallen, so kann man den Draht nochmals erwärmen und, ohne neues Paraffin zu nehmen, auf die Ränder applizieren, um die bereits aufgetragene Schicht zu regularisieren. Zur Herstellung von Dauerpräparaten genügt dieser Paraffinverschluß allerdings nicht; es sollte derselbe aber der Firnißumrandung stets vorausgehen. Wo es sich um wissenschaftliche Arbeit und nicht um das bloße Sammeln der Präparate handelt, wird derselbe in den meisten Fällen ausreichen, da er wohl so lange anhalten dürfte, bis ein Thema fertig bearbeitet ist und die betreffenden Präparate weggeworfen werden können.

Etwas dauerhafter und dennoch schnell und leicht ausführbar soll die Umrandung mit geschmolzenem Terpentin sein, welche Stöhr eingeführt und Nörner warm empfohlen hat.

Venetianisches Terpentin wird in Alkohol gelöst, filtriert und auf $^3/_4$ des ursprünglichen Volumens eingedampft, bis ein Tropfen, in kaltes Wasser gebracht, glasartig hart wird. Das Applizieren geschieht ganz ebenso wie mit dem Paraffin, nur muß der Draht etwas mehr erwärmt sein. Die Methode haben wir nicht lange genug angewandt, um angeben zu können, ob die Masse wirklich keine chemische Verbindung mit dem Glycerin eingehe.

Die Firnisumrandung. Um den Paraffinverschluß zu verstärken,

bedient man sich am besten einer alkoholischen Auflösung von Siegellack, die man einfach dadurch herstellt, daß man feinsten Siegellack in Stücke zerschlägt und in einer geringen Menge starken Alkohols unter zeitweisem Umrühren mehrere Tage lang liegen läßt, bis eine syrupdicke, halbflüssige Masse entstanden ist; dieselbe wird mit dem Pinsel aufgetragen.

Soll ein in wässeriger Lösung aufgestelltes Präparat umrandet werden, so kann man den Firniß direkt ohne vorherige Paraffinumrandung auftragen. Unter den zahlreichen von verschiedenen Seiten empfohlenen Firnißsorten haben sich bei uns nur drei auf die Dauer bewährt:

1) Das »Goldsize« der Engländer, eine aus Leinöl und flüchtigen Stoffen zusammengesetzte Flüssigkeit, welche sich sehr leicht auftragen läßt, schnell eintrocknet, nach dem Eintrocknen aber so dünn wird, daß man in der Regel eine dickere Firnißsorte zum zweiten Verschluß zu wählen hat.
2) Der Asphaltlack, und zwar namentlich derjenige, der eigens zu mikroskopischen Zwecken verfertigt wird. Derselbe besteht aus Asphalt, Terpentin oder Benzin als Lösungsmittel und einer Zugabe von gekochtem Leinöl. Auf die Qualität des Asphalts kommt vieles an. Trockner Asphalt wird auf die Dauer durch das Licht affiziert und geht in unlösbaren Zustand über; dabei wird die Masse spröde und bekommt Risse, wenn die richtige Menge Leinöl nicht getroffen wurde.
3) Der Maskenlack, eine in Alkohol lösliche, schnell eintrocknende Firnißsorte, welche einen sehr guten und dauerhaften Verschluß bildet, durch manche (namentlich glycerinhaltige) Einschlußmedien jedoch angegriffen wird und das Präparat alsdann verderben läßt.

Zum Auftragen der Firnißumrandung dient ein feiner Pinsel guter Qualität, wie solche für Wasserfarben in Gebrauch kommen. Hat das Deckgläschen wie gewöhnlich viereckige Gestalt, so braucht man nur mit freier Hand durch gerade, leichte, aber sichere Züge einen ersten Rahmen zu ziehen, wobei man gleichzeitig den Rand des Deckglases und die angrenzende Fläche des Objektträgers bestreicht. Das Präparat wird nun beiseite gelegt, bis die erste Schicht ziemlich fest geworden ist, und muß dann eine zweite, etwas dickere, breitere Schicht aufgetragen werden. Letztere wird, wo nötig, nach Jahr und Tag noch durch eine dritte verstärkt.

Ist die Flüssigkeitsschicht so dick, daß beim Ziehen des ersten Rahmens ein Verschieben des Deckglases zu befürchten wäre, so kann man das Deckglas vorerst am besten mit ein paar Tröpfchen geschmolzenen Paraffins oder venetianischen Terpentins fixieren. Zeigt sich am Rande des Deckglases eine etwas breite Flüssigkeitsschicht, so kann es sich ereignen, daß der darüber fahrende Pinsel Tröpfchen von derselben ablöst, die sich mit dem Firnisse vermischen und den Verschluß vereiteln. In solchen Fällen ist es ratsamer, zunächst auf dem Deckglasrande und auf dem Objektträger zwei getrennte Rahmen zu ziehen, die man nachher mit stark beladenem Pinsel mit einem Zuge vereinigt.

Das Einkitten runder Deckgläser. Etwas anders gestaltet sich das Verfahren, wenn runde Deckgläser zur Anwendung kommen. Ohne Drehbank (Fig. 73) bietet die Umrandung derselben die größten Schwierig-

keiten. Man lege das Präparat auf die drehbare Scheibe derart auf, daß der Deckglasrand mit einem der auf der Mitte der Scheibe sichtbaren konzentrischen Ringe zusammenfalle, wodurch eine genaue Zentrierung gesichert wird. In solcher Lage wird nun das Präparat durch eine Klemme festgehalten. Sollte das Deckglas nicht fest genug aufliegen, so befestige man dasselbe zunächst mit einigen Paraffintröpfchen. Hierauf wird die Scheibe mit dem Finger in schnelle Kreisbewegung gebracht, während die andere auf dem Holzblock ruhende Hand die mit dem Firnis mäßig beladene Pinselspitze mit dem Deckglasrande in Berührung bringt. Die Umrandung erfolgt augenblicklich und wird nach einiger Zeit in gleicher Weise verstärkt.

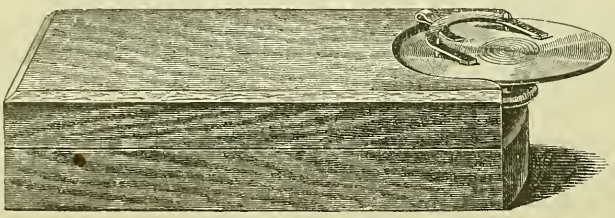


Fig. 73. Frey's Drehtisch für runde Präparate.

Firniszellen. Für etwas dickere Präparate kann man den Objektträger dadurch vorbereiten, daß zunächst ein Firnisrahmen aufgetragen wird, der in Gestalt dem Deckglasrande entspricht, jedoch an Umfang denselben etwas überragt. Die Dicke des Firniswulstes hat sich nach der Dicke des Präparates zu richten. Nachdem derselbe trocken geworden ist, bringt man den Gegenstand und den Flüssigkeitstropfen in den inneren seichten Raum und legt das an seiner Unterfläche angehauchte Deckglas sorgfältig auf. Auf das gleichmäßige Auflegen muß man deswegen die größte Sorgfalt verwenden, weil sonst am inneren Rande des Wulstes Luftbläschen entstehen, die sich ohne Beschmutzung der Deckglasränder nicht wegbringen lassen. Es findet der früher (S. 142) angegebene Kunstgriff mit dem Kolpeurinter, das Deckglas senkrecht fallen zu lassen, hier seine nützlichste Anwendung.

Glaszellen. Bei solchen Firniszellen zeigen sich alle Nachteile der Firnisumrandung noch in erhöhtem Maße, also Entstehung von Rissen und Sprüngen, durch welche die Einschlußflüssigkeit ausdunsten und die harzige Masse auf die Flüssigkeit chemisch einwirken kann. Diesen Übelständen sind die aus Glaswänden bestehenden Zellen nicht oder in weit geringerem Maße ausgesetzt. Es werden solche Glaszellen auf zweierlei Weise hergestellt: entweder durch das Ausschleifen einer seichten Stelle in der Oberfläche des Objektglases oder durch Aufkleben eines Glasringes, welcher zwischen Objekt- und Deckglas zu liegen kommt. Hohlgeschliffene Objektträger verdienen in allen Fällen den Vorzug, wo keine allzu tiefe Zelle verlangt wird, und wo eine krumme

Bodenfläche keine Nachteile hat. Es kommen solche mit rundem oder ovalem Ausschliff zu mäßigem Preise im Handel vor.

Zentral ausgeschnittene Deckgläser von verschiedener Dicke können, indem man sie auf Objektträger aufklebt, zur Herstellung von Zellen in allen Größen und Tiefen dienen.. Sehr tiefe Zellen kann man aus Stücken quergeschnittener Glasröhren in eben solcher Weise verfertigen; die einzelnen Glasringe müssen jedoch vorher an ihren Rändern plangeschliffen werden. Beide Zellensorten findet man im Handel in allen Größen vorrätig. Wichtig ist dabei die Kittsubstanz, mit welcher man den Glasring an der Unterlage befestigt. Mit Canadabalsam oder Dammarharz, Mastix- oder Schellacklösungen, »Marine Glue« oder »Gold size« haben wir keine günstigen Erfahrungen gemacht. Guter Asphaltlack, den man dünn aufträgt und am Tageslicht gut eintrocknen läßt, hat uns die besten Dienste geleistet. Das Abkratzen und Abreiben der über die Ränder der Zelle ausgetretenen Masse hat am besten vor dem vollständigen Eintrocknen zu geschehen, also bevor die Masse spröde geworden ist, weil sonst die Gefahr des Abspringens der Zelle vorliegt.

Große und ziemlich tiefe Zellen erhält man, wenn eine Scheibe aus der Mitte des Objektträgers herausgeschliffen und die entstandene Öffnung oben und unten durch Deckgläser verschlossen wird. Ist der Gegenstand noch breiter als ein gewöhnliches Objektglas, so kann man eine recht gute Zelle aus einer Glasplatte und einem flachen, nur an seinem äußersten Rande gebogenen Uhrgläschen, wie solche heutzutage fast ausschließlich gebraucht werden, herstellen.

Das Präparat stellt man zunächst in der Einschlußmasse (am besten Canadabalsam oder Glycerinleim) in der Uhrschale auf, füllt dieselbe etwas stark an und preßt nun die Glasplatte auf die vorragende Masse herab. Nach dem Abputzen der Ränder soll ein dicker Asphaltlackverschluß stattfinden, den man nur bei Canadabalsampräparaten durch eine Schellackumrandung zu ersetzen hat, weil die noch weiche und unbelichtete Asphaltlösung in Canadabalsam löslich ist und denselben unrein macht.

Es besteht nach Frey der zum Verschluß von Canadabalsam verwendete Schellackfirnis aus: Alkoholischer Auflösung des Schellackes von der Konsistenz eines dünnen Schleimes, dem man etwa 4% Ricinusöl beimischt, und einigen Tropfen der alkoholischen Auflösung irgend einer Anilinfarbe. Diese Mischung wird etwas eingedampft; ist dieselbe mit der Zeit zu dick geworden, so dienen zur Verdünnung einige Tropfen von absolutem Alkohol.

Leere Zellen für Trockenpräparate. Papier-, Wachs-, Guttapercha- oder Metallzellen halten wir für unbedingt verwerflich, auch in solchen Fällen, wo das Präparat trocken, d. h. in einer mit Luft gefüllten Zelle, aufgestellt wird. Den schwarzen Hintergrund, den man für die Beleuchtung mit einfallendem Lichte, namentlich bei Trockenpräparaten, öfters herzustellen hat, erhält man am einfachsten dadurch, daß man auf der unteren Fläche des Objektträgers einen Tropfen schwarzen Firnis, z. B. Maskenlack, aufträgt und sofort mit einem Deckglase bedeckt.

Frey's Kompressionsapparat. Anstatt gekrümmte oder dicke Gegenstände in tiefe Zellen einzulegen, kann man dieselben durch Druck abflachen, um ein gewöhnliches flaches Präparat damit herzustellen. Zum Abflachen resp. Zerdrücken dient ein von Frey vorgeschlagener einfacher Belastungsapparat (Fig. 74), wo verschieden schwere Bleiröhren auf das Deckglas zu ruhen kommen. Anstatt der Bleiröhren bediene ich

mich einfacher unten zugeschmolzener Glasröhren, die ich mit einer beliebigen Menge Bleischrot anfülle. Es verdient jedoch diese namentlich von Beale für Glycerinpräparate stark in Anwendung gebrachte Prozedur keiner besonderen Empfehlung; das natürliche Aussehen der Teile wird durch Zerdrücken gar zu sehr verändert.

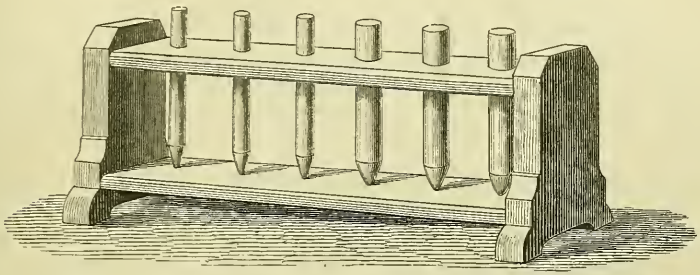


Fig. 74. Frey's Druckapparat zur Herstellung mikroskopischer Präparate.

Schutzmafsregeln gegen das Zerdrücken. Weit wichtiger ist es in den meisten Fällen, ein bequemes Mittel zu besitzen, um das Zerdrücken zu verhüten. Als bequemstes Mittel zu diesem Zwecke verdient das Einlegen eines dünnen Gegenstandes entweder an einer oder an zwei gegenüberliegenden Seiten des Präparates die beste Empfehlung. Dazu dient entweder ein Haar oder eine Borste, die man freilich nur mit Mühe in die gewünschte Lage bringen kann, vorteilhafter aber aus Glimmerblättchen oder Fischschuppen herausgeschnittene Streifen. Silberdrähte, die man zu diesem Zwecke vorgeschlagen hat, bilden eine unnütze Auslage.

Das Etikettieren. Von der allergrößten Wichtigkeit ist das sofortige Etikettieren aller Präparate, wie denn überhaupt im Arbeitszimmer jede Flasche, jedes Glas im Momente, wo es angefüllt wird, auch mit einer Aufschrift versehen werden sollte. Durch Nachlässigkeit in dieser Beziehung ist manches wertvolle Präparat verloren gegangen, manche für die Wissenschaft verhängnisvolle Verwechslung vorgekommen.

Hat man jedoch momentan nicht die genügende Zeit, um die Etikette anzubringen, oder ist ein Beschmutzen derselben durch etwaige nachherige Prozedur zu befürchten, so kann vorläufig eine kurze Bezeichnung genügen. Einen lithographischen Stift, mit welchem sich auf Glas bequem schreiben läßt, sollte der Mikroskopiker stets bei der Hand haben, wenn er es nicht vorziehen sollte, in der Tasche einen amerikanischen »Stylographic-pen« zu führen, den er mit gewöhnlicher Tinte versehen hat. Mit dem Stylographen und Tinte kann man recht gut auf Glas schreiben. Diese vorläufige Bezeichnung soll man, sobald das Präparat fertig ist, durch eine bleibende Etikette ersetzen.

Dauerpräparaten, deren Objektträger voraussichtlich nicht zum zweiten mal dienen sollen, kann man die Aufschrift auf beiden End-

flächen mit einem Schreibdiamanten einritzen. Die anfangs kaum sichtbare Schrift wird bald deutlicher, weil die Ränder der Striche abspringen.

Gefälliger sind die Papierzettelchen, die man so groß, wie es das angewandte Objektträgerformat überhaupt gestattet, wählen sollte. In der Regel sind solche Etiketten auf der Rückseite mit Gummi belegt. Es sollte die Gummischicht nicht dicker aufgelegt sein, als bei den Briefmarken, weil sich eine dicke Schicht in kurzer Zeit vom Glase trennt. Ein unbedingtes Festhalten läßt sich nur dadurch erreichen, daß man das Glas mit einer Auflösung von Chloralaungelatine in Essigsäure anstreicht, trocknen läßt und erst auf dieser Unterlage die Etikette aufklebt.

Vorrichtung zum Wiederauffinden wichtiger Stellen. Die meisten Dauerpräparate werden wegen einer Stelle aufbewahrt, an welcher etwas Besonderes zu sehen ist. Um sich den Zeitverlust eines jedesmaligen Nachsuchens aufzusparen und die Stelle mit Leichtigkeit aufzufinden, hat man verschiedene Mittel in Vorschlag gebracht. Am einfachsten und sichersten verfährt man, wenn man in den Objekttisch links und rechts ein Kreuz mit dem Diamanten einritzt, und zwar in der Entfernung, daß der unter das Objektiv gelegte Objektträger mit seinen Enden die beiden Figuren deckt. Ist nun das Präparat richtig gestellt, so kopiert man mit dem Diamanten auf dem Objektglas genau die darunter sichtbaren Kreuzfiguren. Es ist alsdann ein leichtes, das Präparat jedesmal sofort in die richtige Lage zu bringen.

Zum vorläufigen Aufbewahren der Präparate verdienen die Präparatenschränke mit seichten Schubladen, deren Böden aus einem ausgespannten Blatt dicken Papiers bestehen, die beste Empfehlung. Auch Dauerpräparate lassen sich auf diese Weise am bequemsten in Ordnung halten, bis Balsam oder Firnis eingetrocknet und die Etiketten aufgeklebt sind. Zum ferneren Aufbewahren sind bücherförmige Präparatenkasten mit gezähnten Holzleisten, worin die Präparate in horizontaler Lage sich befinden, weit bequemer. Es sind solche für 50 und für 100 Objekte vom Diener des embryologischen Institutes in Genf, sowie vom Buchbinder Schröter in Leipzig (Windmühlenstraße) zu billigem Preise zu beziehen. Alle Kästchenformen, bei welchen das Präparat senkrecht zu stehen kommt, sind unbedingt zu verwerfen, weil sich Senkungen des Objektes und sogar des Deckglases in den meisten Fällen ereignen, welche das Präparat verderben.

Litteratur.

Gerlach, J., Handbuch der allgem. und spez. Gewebelehre des menschlichen Körpers. 2. Aufl. Mainz 1853. 54. — Key, A., und G. Retzius, Om Frysnigsmetodens anvandande vid histologisk Teknik. Nordisk medicinsk arkiv. Bd. VI. 1874. — Exner, S., Leitfaden bei der mikrosk. Unters. tierischer Gewebe. 2. Aufl. 8°. 96 S. 7 Figg. Leipzig, Engelmann 1878. — Duval, M., Précis de Technique microscopique

et histologique. 12°. 315 S. 43 Figg. Paris, Baillière 1878. — Bachmann, O., Leitfaden zur Anfertigung mikroskopischer Dauerpräparate. 8°. 196 S. 87 Figg. München, Oldenbourg 1879. — v. Thanhoffer, L., Das Mikroskop und seine Anwendung. 8°. 236 S. 82 Figg. Stuttgart, Enke 1880. — Frey, H., Das Mikroskop und die mikroskopische Technik. 7. Aufl. 8°. 455 S. 403 Figg. Leipzig, Engelmann 1881. — Carpenter, W. B., The microscope and its revelations. Mit Figg. 6. Aufl. post. 8°. London, Churchill 1881. — Flesch, Max, Kleine Mitteilungen zur histologischen Technik. Zool. Anz. 5. Bd. S. 555. 1882. — Behrens, W., Hilfsbuch z. Ausf. mikrosk. Unters. im botanischen Laboratorium. 1. Bd. 8°. 398 S. 132 Figg. u. 2 Taf. Braunschweig, Schwetschke 1883. — Mayer, P., Einfache Methode zum Aufkleben mikroskopischer Schnitte. Mitteil. Zool. Stat. Neapel. 4. Bd. S. 521. 1883. — van Heurck, H., De l'emploi du Styrax et du Liquidambar en remplacement du baume de Canada. Bull. Soc. Belg. Micr. 9. Bd. S. 134. 1883. — Andres, Giesbrecht und P. Mayer. Neuerungen in der Schneidetechnik. Mitteil. Zool. Stat. Neapel. 4. Bd. S. 432. 1883. — Thoma, R., Schlittenmikrotom. Virchow's Archiv. 84. Bd. S. 189. 1881 und Journ. R. Micr. Soc. 2. Folge. 3. Bd. S. 298. Mit Figg. 1883. — Sollas, W. J., Improved Method of using the freezing Microtome. Quart. Journ. Micr. Sc. 24. Bd. S. 163. 1884. — Blochmann, F., Über Einbettungsmethoden. Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. S. 218. 1884. — Orth, Joh., Cursus der normalen Histologie. 3. Aufl. 8°. 340 S. 108 Figg. Berlin, Hirschwald 1884. — Francotte, P., Microtomes et Méthodes d'inclusion. Bullet. Soc. Belge de Microscopie. 1884. — Vergl. besonders: Flesch, M., Untersuchungsmethoden, im Jahresbericht der Zool. Station zu Neapel. Leipzig, Engelmann 1879—1883.

Siebenter Abschnitt.

Die mikrochemische Untersuchung der Gewebe.

Die chemischen Reaktionen, die man mit Erfolg unter dem Mikroskop ausführen kann, sind sehr beschränkter Natur. Auf die elementare und überhaupt irgendwelche genauere Analyse der erhaltenen Stoffe muß man von vornherein verzichten und sich mit einer ungefähren qualitativen Analyse begnügen. Die Anwesenheit gewisser Körper in den Geweben läßt sich allerdings durch die üblichen chemischen Reaktionen in allen Fällen da nachweisen, wo eine bedeutende Menge des betreffenden Gewebes in genügender Reinheit zur Verfügung steht; mit dieser Erkenntnis jedoch, welche in das Gebiet der physiologischen Chemie gehört, ist für die mikroskopische Anatomie nur wenig gewonnen. Letztere sucht weniger die Anwesenheit der Stoffe, als ihre Verteilung in den Elementarteilen festzustellen, und sie kann deshalb nur solche Einwirkungen benutzen, welche durch das Mikroskop sichtbare und lokalisierte Veränderungen hervorrufen. Es gehören hierher die Entstehung von Niederschlägen, von Gasblasen oder charakteristischen Krystallbildungen, ferner das Verschwinden früher sichtbarer Teile durch Auflösung und endlich Farbenerscheinungen oder Färbungen, die man durch Einwirkung verschiedenartiger Reagentien hervorruft.

An eine erschöpfende Behandlung der mikrochemischen Technik

kann um so weniger gedacht werden, als sich nicht im voraus bestimmen läßt, welche von den zahlreichen Reaktionen der modernen Chemie unter Umständen auch eine biologische und mikroskopische Anwendung finden könnte. Nur zum Anführen der Unterscheidungsmerkmale allein würde ein ganzes Buch kaum genügen. Es sollen daher an dieser Stelle nur diejenigen Reaktionen Erwähnung finden, welche besonders charakteristisch und mikroskopisch verwendbar sind.

Das Jod ist eins der wichtigsten Reagentien auf eine ganze Reihe stickstoffloser und stickstoffhaltiger Substanzen. Man wendet dasselbe in Lösungen, und zwar meistens als Lugol'sche Lösung an (s. oben S. 103); die alkoholische Auflösung oder Jodtinktur kann aber die vorige in vielen Fällen ersetzen.

Jodlösungen sollte man stets im Dunkeln aufbewahren und öfters erneuern, weil eine nicht unbeträchtliche Menge Jodwasserstoffsäure namentlich bei Lichtzutritt entsteht, welche manche Reaktionen zu verändern im stande ist.

Das Amylum wird durch Jod in kurzer Zeit dunkelblau gefärbt. Dextrin und Glycogen (Bernard) nehmen eine rote bis violette Färbung an. Es existieren jedoch dem Glycogen nahe verwandte Substanzen, z. B. das Achrooglycogen (Landwehr) der Weinbergschnecke, welche in der Jodlösung farblos bleiben. Zwischen Amylum und Cellulose bestehen mannigfache Übergangsstufen, die mit Jod allein eine braune bis bräunlichviolette Färbung annehmen und erst bei Zusatz von etwas Schwefelsäure in Violett und sogar in Blau übergehen. Es gehört hierher das Tunicin, ein Hauptbestandteil der Außenhülle der Tunicaten.

Die Amyloidsubstanz, ein pathologisches Produkt der Wirbeltiergewebe, wird durch Jodzusatz rotbraun bis braunviolett; träufelt man nachträglich noch Schwefelsäure hinzu, so geht diese unbestimmte Farbe meistens in Violett, selten in Blau über. Ähnlich verhalten sich die sogenannten *Corpora amylacea*, welche in der Leiche der höheren Tiere, namentlich im Gehirn und Rückenmark angetroffen werden; in vielen Fällen nehmen diese Körperchen schon durch Jod allein eine blaue Farbe an und nähern sich hierdurch mehr dem eigentlichen Amylum, während ihre chemische Zusammensetzung der des Lecithin und Cerebrin nahe steht. Die Chlorrhodinsäure wird durch Jod nur hellgelb gefärbt.

Das Myelin wird durch Jod allein schwach bräunlich, durch Jod und konzentrierte Schwefelsäure rot bis violett gefärbt. Den Eiweißstoffen erteilt das Jod eine gelbbraune, mehr oder weniger intensive Färbung, welche nach Schwefelsäurezusatz nicht in Blau hinüberspielt.

Zum Nachweis des Acetons bedient man sich einer Jod-Jodkaliumlösung und setzt eine geringe Menge Natronlauge von mittlerer Stärke hinzu. Wo Aceton reichlich vorhanden war, entsteht eine aus Jodoform bestehende Trübung (v. Jaksch).

Das Chlorzinkjod, ein in der botanischen Anatomie sehr gebräuchliches Reagens, dient namentlich dazu, um die eigentliche Cellulose von

der verkorkten zu unterscheiden, weil erstere sich darin blau färbt, während letztere eine gelbe Färbung annimmt. Das Chlorzinkjod wird nach Radlkofer's Vorschrift folgendermaßen hergestellt:

Man bereitet sich bei gewöhnlicher Temperatur eine gesättigte Lösung von Zink in Salzsäure. Diese wird nun im Wasserbade bis zu einem spez. Gewicht von 2,0 eingedampft. Diese syrupartige Masse wird nunmehr mit reinem Wasser bis zu einem spez. Gewicht von 1,8 verdünnt, wozu auf 100 Teile der Chlorzinklösung 12 Teile erforderlich sind. In 100 Teilen dieser Flüssigkeit löst man nun 6 Teile Jodkalium und Jod bis zur Sättigung bei gelinder Temperatur auf. Zum Gebrauch stellt man sich verschiedene Verdünnungen her, da die Wirkung nach dem Grade der Konzentration verschieden ist.

Das Brom kommt als Bromwasser zur Verwendung, welches man mit Leichtigkeit erhält, wenn einige Tropfen der Bromflüssigkeit in einem mit destilliertem Wasser gefüllten Kruge oder in einer Flasche aus schwarzem Glase zugefügt werden. Eiweißkörper und protoplasmatische Teile, wie z. B. Flimmercilien, nehmen eine gelbbräunliche Farbe an und werden ziemlich gut fixiert. Wo Phenol vorhanden ist, entsteht eine deutliche Trübung. Mit Kynurensäure entsteht ein starker citronengelber Niederschlag (Baumann).

Das Chlorwasser erteilt der Chlorrhodinsäure im verdünnten Zustande eine rosenrote, bei stärkerer Konzentration eine dunkelrote Färbung (Bödecker).

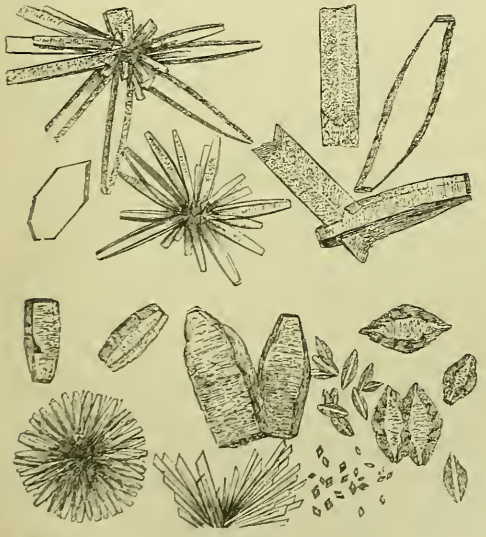


Fig. 75. Salpetersaures Sarcin (obere Hälfte) und salzsaures Sarcin (untere Hälfte der Figur).

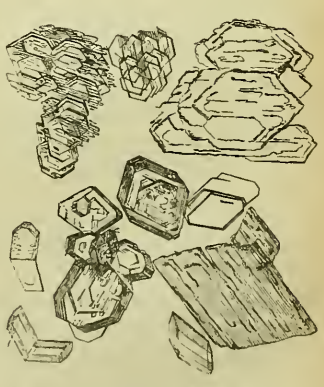


Fig. 76. Krystalle des salpetersauren Harnstoffs.

Die Salpetersäure färbt Eiweiß und leimgebende Substanzen unter Bildung von Xanthoproteinsäure deutlich gelb bis gelbbräunlich. In der konzentrierten Säure bleibt nur das Scyllit unverändert, das Excretin

wird zersetzt, das Elastin löst sich allmählich ganz auf, und es entsteht Xanthoproteinsäure. Hämin, Cystin, Taurin sind in Salpetersäure löslich; ebenso auch Fibrin, wenn man es mit der Säure mäßig erwärmt. Xanthin, Hypoxanthin oder Sarcin bilden mit derselben krystallinische Salze, die man an ihrer Krystallform unter dem Mikroskop leicht erkennen kann. Das salpetersaure Xanthin bildet nämlich Prismen und Drusen rhombischer Tafeln, das salpetersaure Sarcin setzt sich bei schneller Abscheidung in rhomboidalen Plättchen ab, bei langsamerer Entstehung in flachen Prismen mit schiefer Endfläche oder Rhomben. Zuweilen bilden sich gurkenförmige oder quergestreifte bergkrystallähnliche, dem rhombischen System angehörige Krystalle. Die Krystalle des salpetersauren Harnstoffs sind rhombische oder hexagonale Täfelchen, welche bei schwacher Vergrößerung und einfallendem Lichte einen perlmutterähnlichen Glanz zeigen.

Die Murexidprobe. Charakteristische Resultate für mehrere Amidstoffe ergiebt die doppelte Reaktion derselben mit Salpetersäure und nach dem Abdampfen letzterer die Behandlung des Rückstandes mit Alkalien. In dieser Weise auf dem Objektträger behandelt, geben das Guanin, das Sarcin und Xanthin einen gelben Körper, welcher bei Zusatz von Kalilösung eine rote, beim Erhitzen eine purpurrote Farbe annimmt. Harnsäure und deren Salze hinterlassen einen rötlichen Rückstand, welcher mit Ammoniak rosenrot und beim nachherigen Zusatz von Kali eine schön violette Färbung aufweist. Bei gleicher Behandlung, indem jedoch die Salzsäure mit etwas chlorsaurem Kali versetzt wird, ergiebt die Kynurensäure einen blaugrünen, bald in Smaragdgrün übergehenden Körper. Das Inosit, mit Salpetersäure vorsichtig abgedampft und vor dem vollständigen Eintrocknen mit Ammoniak übergossen und dann wieder abgedampft, hinterläßt eine lebhaft rosenrote Masse.

Die Gallenfarbstoffe erleiden nach dem Zusatz einer abgestandenen, mit salpetriger Säure verunreinigten Salpetersäure oder einer solchen, die man mit etwas konzentrierter Schwefelsäure versetzt hat, ein eigentümliches Farbenspiel, indem sie zunächst grün, hierauf blau, violett, rot und schließlich gelb werden. Das Melanin wird durch konzentrierte Salpetersäure zersetzt.

Das Millon'sche Reagens wird dadurch hergestellt, daß man reines Quecksilber in gleicher Gewichtsmenge mit $1^1/_2$ Äquivalent Wasser kombinierter Salpetersäure auflöst. Die Einwirkung beginnt bei gewöhnlicher Temperatur und wird in der Wärme vollendet. Man setzt je einem Volumen dieser Auflösung zwei Raumteile Wasser zu. Das Millon'sche Reagens besteht aus salpetersaurem Quecksilberoxydul, welches salpetrige Säure enthält.

In dieser Flüssigkeit nehmen alle Eiweißstoffe nach etwa $^1/_4$ Stunde und durch Erwärmen in noch kürzerer Zeit eine rote Färbung an, welche unter dem Mikroskop mehr rosarot erscheint. Außer den Eiweißkörpern geben aber auch das Tyrosin und die von demselben abgeleiteten aro-

matischen Oxysäuren, wie z. B. Hydroparacumarsäure, Paroxyphenylessigsäure, Paroxybenzursäure, die gleiche Reaktion. Manche Pflanzenstoffe, wie Baumwolle, Gummi, Stärke, werden ebenfalls rosarot gefärbt, sowie auch das Spirographin.

Die Schwefelsäure im konzentrierten Zustande löst das Paramylon auf, in verdünnten Lösungen auch das Hämin, das Hämatin und das Cystin. Cholestearinkrystalle werden durch Schwefelsäure vom Rande aus rot bis purpurrot und schließlich violett gefärbt. Allmählich erfolgt in der konzentrierten Säure vom Rande aus ihre Auflösung in Tropfen. Ähnlich verhält sich das Isocholesterin. Verdünnte Säure führt das Dextrin und das Glykogen in Traubenzucker über; konzentrierte vermag das Elastin in der Kälte aufzulösen. In der konzentrierten Säure zertrümmert, liefert das Tunicin eine gewisse Menge Traubenzucker. Chitin widersteht der Einwirkung der Mineralsäuren auch nach längerem Kochen. Nur durch Einlegen der trocknen Chitinsubstanzen in konzentrierte Schwefel-, Salz- oder Salpetersäure kann man ihre Auflösung bewirken, welche aber durch Zersetzung erfolgt; die Salzsäure zerspaltet nämlich das Chitin in Glykosamin und Essigsäure, die Schwefelsäure dagegen in Glykosid und Ammoniak. Die salz- oder salpetersaure Auflösung wird beim Neutralisieren mit Ammoniak nicht wieder gefällt; Gerbsäure erzeugt dagegen in der Flüssigkeit einen reichlichen Niederschlag. Kocht man das Spirographin mit schwacher Schwefelsäure, so erhält man Leucin, kein Glycin.

Konzentrierte Schwefelsäure und starke Rohrzuckerlösung miteinander vermengt verleihen den Eiweißstoffen eine purpurrote, später in Violett übergehende Färbung. Ebenso verhalten sich das Mucin, die Taurocholund die Glykocholsäure, die Cholsäure und das Elaïn. Die leimgebenden Substanzen werden in diesem Gemenge gelbbräunlich gefärbt, das Elastin bleibt farblos.

Konzentrierte Schwefelsäure und Eissessig (Adamkiewicz) giebt mit Albuminaten eine schön violette Flüssigkeit. Das Metalbumin oder Paramucin (Hammarsten) aus dem Säugetierovarium ergiebt ebenfalls diese Reaktion.

Die Piria'sche Reaktion besteht in der Einwirkung einer Eisenperchloridlösung auf die mit konzentrierter Schwefelsäure erwärmte Substanz. Vor dem Zusatz des Eisenchlorids thut man wohl, die saure Lösung durch kohlensaures Baryt oder Kalk zu neutralisieren. In solcher Weise behandelt geben das Tyrosin und manche seiner aromatischen Abkömmlinge, sowie auch die Salicylverbindungen, eine schön violette Farbe.

Die Salzsäure im konzentrierten Zustande löst die Eiweißstoffe unter violetter Färbung auf; es findet dabei wahrscheinlich eine Zersetzung statt. In äußerst verdünnter Säure quellen die Eiweißkörper stark auf, und einzelne derselben, z. B. das eigentliche Eiweiß und das Myosin, gehen langsam in Lösung über. Protamin wird in überschüssiger Salzsäure gelöst, während Nuklein ihr lange Widerstand leistet. Das salz-

saure Protamin ist an seinem adstringierenden bittersüßen Geschmack kenntlich. Fibrin wird durch verdünnte Salzsäure nicht aufgelöst; das Leucin, Neurin und die Glykocholsäure hingegen sind in derselben löslich.

Mit konzentrierter Salzsäure gekocht werden das Chitin, Keratin, Kornein, Konchiolin, Onuphin, Spirographin und das Hyalin verflüssigt. Dabei entsteht aus Keratin, Kornein, Konchiolin und Spirographin stets eine leicht wahrnehmbare Menge des Leucins, während das Chitin kein Leucin, sondern Glykosamid liefert.

Durch ihre Krystallformen wohl charakterisiert sind die salzsauren Salze des Xanthins, Sarcins und Neurins. Das salzsaure Xanthin bildet glänzende sechseckige Tafeln, das salzsaure Sarcin erscheint in zwillingsartig gruppierten oder in vierseitigen, durch krumme Flächen begrenzten, zu Drusen vereinigten Prismen, während das entsprechende Salz des Guanins in schief zugespitzten Nadeln oder in parallelepipedischen Tafeln, welche dem klinorhombischen Systeme angehören, auskrystallisiert.

Die Scherer'sche Reaktion dient zum Nachweise des Inosits und der Inositgruppe. Dabei sei jedoch bemerkt, daß das dem Inosit nahe verwandte Scyllit genannte Reaktion nicht aufweist. Die Ausführung erfordert nach Danilewsky folgende Kautelen:

Man nehme etwa 2—3 mohnkorngroße Stückchen der zu untersuchenden Substanz, erhitze sie fast bis zum Trockenwerden mit einigen Tropfen Salzsäure auf dem Platinblech, übergieße den Rest mit 6—10 Tropfen Ammoniak und verdampfe vorsichtig bis aufs Trockene. Zeigen sich noch keine roten Flecke, so weiche man den Rückstand durch Wasserdampf auf und trockne wieder vorsichtig ein; diese Prozedur kann noch zum dritten male wiederholt werden, wobei stets die kleinsten Mengen Inosit durch Entstehung roter Flecke sich kundgeben.

Allen stärkeren Mineralsäuren in wässeriger Verdünnung ist ihre anfangs fällende Einwirkung auf gelöste Eiweißstoffe gemeinsam; dadurch befinden sich letztere im Gegensatz zu den Peptonen, welche bei gleicher Behandlung durchaus keine Gerinnung zeigen. Chondrin wird aus seinen Lösungen gefällt, durch einen Überschuß der Säuren aber wieder aufgelöst, während das Glutin gar keinen Niederschlag bildet. In den Mineralsäuren sind die meisten Amidostoffe löslich, z. B. das Guanin, das Kreatin und Kreatinin, das Glycin, das Cystin, das Tyrosin, indem saure Verbindungen entstehen. Konzentrierte Säuren lösen das Fibroin, einen Hauptbestandteil der Seide, auf; beim Neutralisieren aber fällt dasselbe wieder faserig aus. Spongin, Kornein und Konchiolin werden ebenfalls aufgelöst (Krukenberg).

Das reine pulverige Myosin wird gleichfalls gelöst, wobei es eine beträchtliche Menge Säure bindet, was man an dem Verschwinden der sauren Reaktion auf Tropäolin bemerkt. Durch längeres Kochen mit verdünnter Säure gehen die Eiweißkörper, sowie auch das Mucin in Acidalbumin über. Ob die dabei von Eichwald im Mucin aufgefundene reduzierende Substanz wirklich ein Zersetzungsprodukt ist oder nicht vielmehr eine Glycerinbeimengung des Mucins, bleibt fraglich (H. A. Land-

WEHR). Durch Kochen mit Säuren zersetzt sich das Lecithin in fette Säuren und Glycerinphosphorsäure. Die Hippursäure wird beim Erhitzen mit genannten Säuren in Benzoësäure und Glycerin gespalten.

Es können ferner die Mineralsäuren zum Erkennen der Kalksalze dienen, indem kohlensaurer Kalk unter Aufbrausen sich auflöst, oxalsaurer und phosphorsaurer Kalk dagegen in mikroskopisch feinem Verteilungszustande ohne Aufbrausen aufgelöst werden.

Die Essigsäure in wässeriger Verdünnung schlägt das Kasein nieder, das eigentliche Eiweiß aber nicht. Das Mucin wird ebenfalls fadenförmig ausgeschieden und löst sich im Überschuß der Säure nicht wieder auf, während das Kasein bis auf unbedeutende Reste wieder in Lösung übergeht. Das Keratohyalin, auch Eleidin genannt (RANVIER), quillt in der Essigsäure stark auf und wird vollständig weggelöst. Die Peptone werden aus ihren Lösungen durch die Essigsäure nicht gefällt, ebenso wenig das Pepsin; das Globulin dagegen präzipitiert aus der ammoniakalischen Auflösung bei Essigsäurezusatz und aus der essigsauren Lösung durch Ammoniakzusatz. Von den vorigen Körpern leicht unterscheidbar ist das Kolloid, welches in Essigsäure weder gefällt, noch aufgelöst wird. Die aus Elastin bestehenden Fasern vermag genannte Säure auch nicht anzugreifen. Ebenso widerstehen ihrer Einwirkung unter allen Umständen die Melaninkörnchen. In kalter Essigsäure quellen die Keratinstoffe und lösen sich beim Kochen zum größten Teil auf.

Glykocholsäure, Guanin und Sarcin gehen in Essigsäure leicht in Lösung auf, Tyrosin dagegen nur schwer. Cystin wird aus seinen alkalischen Auflösungen gefällt, und das Hämatoidin bleibt in verdünnter Essigsäure ungelöst.

Erwärmt man getrocknetes Wirbeltier- oder überhaupt hämatinhaltiges Blut mit Eisessigsäure bei Gegenwart von Kochsalz oder sonstigen Chloralkalien, so entsteht das sogenannte Hämin (Chlorwasserstoffhämatin), welches beim Erkalten charakteristische Krystallbildungen aufweist.

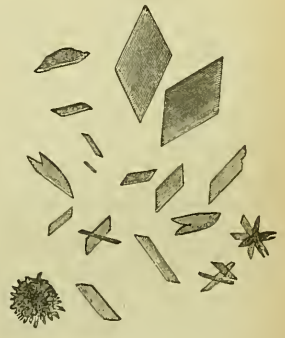


Fig. 77. Häminkrystalle.

Der oxalsaure Kalk wird in Essigsäure nicht aufgelöst, während das kohlensaure Salz in fein verteiltem Zustande stark aufbraust und der phosphorsaure Kalk von derselben Säure mehr oder weniger angegriffen wird. Beim Glühen geht jedoch das oxalsaure Salz sofort in das leicht zersetzbare Karbonat über.

Die Oxalsäure steht als chemisches Reagens nur wenig in Gebrauch. Einzelne oxalsaure Salze sind jedoch wegen ihrer charakteristischen Krystallformen in der qualitativen Analyse geschätzt, z. B. der oxalsaure Harnstoff, welcher dem monoklinometrischen Systeme angehörende vierbasige Prismen, hexagonale Täfelchen oder lange, dünne Blättchen bildet.

Die Gerbsäure wird in schwach alkoholischer oder in konzentrierter wässeriger Auflösung gebraucht. Eiweißstoffe und leimgebende Substanzen werden durch einen Zusatz dieser Säure gefällt. Aus der wässerigen Auflösung wird die Chlorrhodinsäure gefällt, der entstandene Niederschlag aber durch Alkohol wieder aufgelöst. Die Peptone werden nur bei Gegenwart eines neutralen Salzes, z. B. der schwefelsauren Magnesia, gefällt. In der essigsauren Auflösung des Mucins und in der konzentrierten Salz- oder Salpetersäure, worin Chitin aufgelöst wurde, erzeugt die Gerbsäure Niederschläge.

Die Benzoësäure dient zur Unterscheidung von Cholesterin und Isocholesterin, indem die betreffenden Salze durch die Krystallformen von einander abweichen (E. Schultze).

Die Phosphorwolframsäure hat die Eigenschaft, außer den Eiweißen auch noch die Peptone, das Kreatinin, das Xanthin und die Kynurensäure zu fällen. Durch phosphorwolframsaures Natron werden die mit Essigsäure versetzten Peptone gefällt, die übrigen angeführten Körper aber erst bei Gegenwart der freien Salzsäure.

Das Wasserstoffsuperoxyd dient hauptsächlich zur Unterscheidung des Fibrins, welches dasselbe reichlich zersetzt, von anderen Eiweißkörpern, die bei weitem nicht so energisch auf dasselbe einwirken.

Unter den stark basischen Reagentien sind folgende als besonders wichtig hervorzuheben:

Das Kalkwasser erhält man durch Filtrieren der sogenannten Kalkmilch. Es löst in wenigen Stunden ohne weiteres das Mucin auf, woraus nun seine mazerierende und isolierende Einwirkung auf die Gewebe erklärlich ist. Die aus der Verbindung von Mineralsäuren mit Eiweißstoffen hervorgehenden Acidalbumine, wie z. B. das Syntonin, sind ebenfalls in Kalkwasser löslich. In einer minimalen Menge der Säure ohne chemische Veränderung aufgelöste Eiweißstoffe werden dagegen durch Kalkwasser und überhaupt durch verdünnte Alkalien gefällt.

Zur Darstellung der Kalkmilch übergießt man in einer Schale einige Stückchen frisch gebrannten Kalks mit destilliertem Wasser und vermischt die heiß gewordene Masse in einer Flasche mit so viel Wasser, daß nach dem Umschütteln ein dünner Brei entsteht. Die Flüssigkeit hält sich nur bei genauem Verschluß auf die Dauer.

Charakteristische Salze bildet der Kalk mit der Milchsäure und der Fleischmilchsäure. Beide krystallisieren in pinselartig gruppierten Büscheln feiner Nadeln, unterscheiden sich jedoch durch ihre Löslichkeit, welche beim fleischmilchsauren Kalk ungleich geringer ausfällt. Das Kalksalz der Glycerinphosphorsäure wird in perlglänzenden Plättchen erhalten, wenn man die kalt gesättigte Lösung zum Sieden bringt.

Alkalien. Mit diesem Namen bezeichnet man schlechthin die gebräuchlichsten Lösungen des Ammoniak, des kaustischen Kali und Natron. Die Reaktionen dieser Körper tragen insofern etwas unbestimmtes an sich, als sie mit der Stärke der angewandten Lösungen von einander abweichen.

Eiweißstoffe quellen im allgemeinen in schwachen wässerigen und

alkoholischen Lösungen stark auf und gehen schließlich mit denselben Verbindungen ein, welche in Wasser löslich sind und durch Säurezusatz gefällt werden. Eine Ausnahme bildet nur das eigentliche Eiweiß, welches in alkalischen Lösungen zwar aufquillt, aber dabei in einen schwer löslichen Zustand übergeht. Die sogenannten Acidalbumine oder Syntonine werden durch schwache Alkalien mit Leichtigkeit aufgelöst, ebenso die Charcot'schen Krystalle. Das Globulin löst sich in Ammoniak auf und wird aus dieser Lösung durch Essigsäure gefällt. Umgekehrt bewirkt ein Zusatz von Ammoniak seine Fällung aus der essigsauren Auflösung. Mit ammoniakalischer Chlorbaryumlösung erhitzt, entwickeln die Eiweiße und Kohlenhydrate reichlich Kohlensäure.

Keratin ist in Alkalien beim Erhitzen löslich, Chitin bleibt auch nach längerem Kochen in konzentrierten Alkalien gänzlich ungelöst. Elastin und Neurokeratin werden dagegen durch starke Kalilauge, aber erst nach längerem Kochen langsam aufgelöst. Ebenso verhalten sich auch das Spongin und das Fibroin. Letzteres wird durch Neutralisieren der alkalischen Auflösung faserig gefällt. Unverändert in kochenden Laugen bleiben dagegen das Scyllit, das Excretin und die Elinsäure.

Das Kolloid wird von Alkalien in der Regel gelöst. Glutin und Chondrin gehen mit Leichtigkeit in Lösung über. Cerebrin und Lecithin sind dagegen unlöslich, das letztere aber wird durch die Alkalien zersetzt.

Die Harnsäure, Hippursäure, Glykocholsäure, Taurocholsäure und Cholalsäure gehen mit Alkalien lösliche Verbindungen ein, welche zum Teil charakteristische Salzkrystalle liefern. So fällt ein Ätherzusatz das glykocholsaure Natron aus seiner wässerigen Auflösung in Gestalt von Drusen sternförmiger Nadelgruppen. Das saure harnsaure Natron bildet kurze, zuweilen tafelförmige hexagonale Prismen oder auch kuglige Drusen mit oder ohne eigentümliche Fortsatzbildung. Das harnsaure Ammonium bildet feine Nadeln, welche in der Regel zu kugligen Drusen vereinigt sind, die an Größe denen des vorerwähnten Salzes gleichkommen.

Guanin, Sarcin, Xanthin und Tyrosin sind in Alkalien leicht löslich und bleiben beim Abdampfen als krystallinische Salze zurück. In verdünntem Barytwasser aufgelöstes Sarcin scheidet sich beim Zusatz von gesättigtem Barytwasser in Krystallform ab.

Cystin, Leucin und Glykocoll lösen sich in Alkalien leicht auf. Das Cystin wird aus diesen Lösungen durch Essigsäure gefällt, das Glykocoll kann salzartige Verbindungen eingehen. Mit Barytwasser gekocht, wird das Keratin in Harnstoff verwandelt.

Hämatoidin ist in alkalischen Flüssigkeiten unlöslich, Hämin und Hämatin in verdünnter Kalilauge oder Ammoniak leicht löslich. Eine solche Auflösung des Hämatins erscheint in dünnen Lagen olivengrün, in dickeren rot (Brücke). In konzentrierter Kalilauge quellen die Häminkrystalle auf und werden schwarz, während ein Überschuß des Kali

beim Kochen dem Hämatin eine grünliche Färbung verleiht. Erst nach längerem Behandeln mit warmer verdünnter Kalilauge wird das Melanin aufgelöst.

Die Gallenfarbstoffe geben mit Alkalien durch ihre Farbe leicht unterscheidbare Auflösungen: mit Bilirubin gelbliche, mit Biliverdin grüne, mit Bilifuscin blaue, mit Biliprasin braune; nur das Bilihumin widersteht den alkalischen Lösungen. Von der gelben Hämatoidinlösung in Chloroform kann man diejenige des Bilirubins leicht durch Schütteln mit Ammoniak oder Natronlauge unterscheiden, indem das Bilirubin von der Lauge aufgenommen wird, das Hämatoidin dagegen in Chloroform zurückbleibt.

Moore's Probe auf Traubenzucker besteht darin, daß man die zu untersuchende Flüssigkeit mit Ätzkali oder Ätznatronlauge bis zur stark alkalischen Reaktion versetzt und das Gemisch allmählich bis zum Sieden erhitzt. Ist Zucker vorhanden, so färbt sich die Flüssigkeit erst gelb, dann braunrot und endlich, wenn die Zuckermenge beträchtlich gewesen ist, dunkelrot bis schwarz.

Trommer's Probe zum Auffinden des Traubenzuckers besteht in der Einwirkung einer Auflösung von Kupfersulfat mit Kali oder Natron auf den zu untersuchenden Gegenstand. Der zu untersuchenden Flüssigkeit setzt man überschüssige Kali- oder Natronlauge zu und hierauf tropfenweise eine verdünnte Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, so lange als der hierbei entstehende Niederschlag sich in der Flüssigkeit noch wieder auflöst. Man erhitzt dann allmählich bis zum Sieden. Ist Traubenzucker vorhanden, so färbt sich die Flüssigkeit dunkelblau (Lösung von Kupferoxydhydrat), während ein gelber oder roter Niederschlag von Kupferoxydul ausfällt. Ist mehr Zucker vorhanden, als das zugefügte Kupferoxyd zu oxydieren vermag, so färbt sich die Flüssigkeit gelb bis gelbbraun; überwiegt das Kupferoxyd, so scheidet sich beim Kochen schwarzes Kupferoxyd aus.

Die Fehling'sche Lösung besteht aus Natronlauge, weinsaurem Kalinatron und Kupfersulfat; sie dient dazu, die Anwesenheit des Traubenzuckers, sowie auch des Kreatinins zu demonstrieren. Die Probe soll nach Worm-Müller folgendermaßen vorgenommen werden:

1) 25 g Kupfersulfat werden in 1 ℓ Wasser aufgelöst;
2) 100 g weinsaures Kalinatron mit so viel Natronlauge gelöst, daß gerade 40 g Ätznatron zur Verwendung kommen, und hierauf mit Wasser bis zu 1 ℓ Gesamtvolumen verdünnt. Man vermischt 1—3 kcm der Kupferlösung mit 2,5 kcm der weinsauren Kalinatronlösung und bringt die Mischung zum Sieden; die zu untersuchende Flüssigkeit wird ebenfalls erwärmt und beide zusammengegossen. Ist Traubenzucker vorhanden, so findet eine Ausscheidung von Kupferoxydul sofort oder höchstens nach einigen Minuten statt.

Bei gleicher Behandlung erzeugt das Kreatin in der Fehling'schen Lösung eine weißliche Trübung, dann einen flockigen Niederschlag, während die blaue Färbung der Flüssigkeit abnimmt (Maschke). Mannit giebt eine tiefblaue Lösung, welche beim Erwärmen kein Kupferoxydul ausscheidet.

Außerdem kann man die Anwesenheit des Traubenzuckers durch Barföd's Probe (Kochen des essigsauren Kupfers mit überschüssiger Essigsäure, wobei der Traubenzucker Kupferoxydul ausscheidet) oder durch Böttcher's Probe (Wismuthoxyd mit Überschuß von kohlensaurem

Natron in der Flüssigkeit erhitzt, läßt einen grauen bis schwarzen Niederschlag entstehen, wenn Traubenzucker vorhanden ist) erkennen.

Die Reduktion der Kupfersalze erfolgt in diesen verschiedenen Proben nicht bloß bei Anwesenheit des Traubenzuckers, sondern auch dort — und zwar in gleichem Maße —, wo Milchzucker vorhanden ist. Dextrin bewirkt die Reduktion nur spurweise, Inosit, Rohrzucker und Glykogen gar nicht.

Die Biuretreaktion dient zum Nachweise von Harnstoff und Biuret. Harnstoffkrystalle werden zunächst trocken auf der Flamme erhitzt, bis sie zusammenschmelzen und die Masse wieder fest wird. Dabei ist der Harnstoff in Biuret umgewandelt worden, das man durch folgende Reaktion kenntlich macht:

Die geschmolzene Masse wird mit etwas Natronlauge übergossen und darin aufgelöst; giebt man nun einen Tropfen Kupfersulfatlösung hinzu, so färbt sich die Flüssigkeit rot, wenn Biuret anwesend ist. War Pepton zugegen, so nimmt die Lösung eine violette Färbung an.

Vorgenannte Reagentien führen uns allmählich zu den Salzen und deren Anwendung bei der qualitativen Analyse hinüber.

Das Kochsalz gehört zu den wichtigsten Reagentien der biologischen Chemie. Im tierischen Körper sind die Eiweißkörper mit etwas Salz verbunden und in salzhaltigen Flüssigkeiten gelöst. In schwachen Kochsalzlösungen wird das Myosin aufgelöst, durch hineingeworfene Krystalle desselben Salzes dagegen fast vollständig wieder ausgefällt. Das Nuklein bleibt in denselben Flüssigkeiten bis zu 10% Salzgehalt vollständig ungelöst. Chlornatrium, sowie überhaupt die meisten neutralen Salze gehen mit dem Lecithin Verbindungen ein; bei Anwesenheit derselben zeigt das Mucin eine größere Löslichkeit. Mit Traubenzucker geht das Kochsalz eine Verbindung ein, welche in vier- bis sechsseitigen großen Pyramiden auskrystallisiert.

Das Chlorammonium, zu 8 bis 20% in Wasser gelöst, vermag das Myosin noch weit besser als das Kochsalz aufzulösen (Danilewsky); auf Syntonin hat dieselbe Flüssigkeit keine Einwirkung, bringt dasselbe nicht einmal zum Quellen. Aus der Salmiakauflösung wird das Myosin durch hineingeworfene Salmiakkrystalle nur zum geringsten Teil, durch Kochsalzkrystalle fast vollständig ausgeschieden.

Das Chlorzink fällt nicht bloß Eiweißkörper, sondern auch das Kreatinin aus. Bei langsamer Einwirkung setzt sich das Chlorzinkkreatinin allmählich in Krusten und schönen Gruppen prismatischer Nadeln ab, welche in heißem Wasser ziemlich löslich, in kaltem wenig, in Alkohol und Äther unlöslich sind.

In **Quecksilberlösungen** werden nicht nur Eiweißstoffe, sondern auch leimgebende Substanzen gefällt. **Platinchlorid** fällt außer den Albuminaten das Glutin und das Myosin. Die salzsaure Auflösung des Protamins wird durch dasselbe gefällt, ebenso auch die mit Säuren gebildeten Salze des Samandarins (aus der Salamanderhaut). Der Niederschlag letzterer giebt beim Eintrocknen eine blaue charakteristische Masse.

Kupferoxyd verbindet sich mit der Asparagin- und der Glutaminsäure und bildet mit denselben schön blaue, nadelförmige oder prismatische Krystalle.

Das **Cuprammoniumoxyd** (Kupferoxydammoniak) stellt man sich am einfachsten nach der von Böttcher angegebenen Methode dar:

Eine circa 60 cm lange, 3 bis 5 cm weite, oben offene Glasröhre wird mit ganz dünn ausgewalztem Kupferbande locker gefüllt. Das untere Ende der Röhre läuft etwas spitz zu und ist mit einem Kautschukrohr und Quetschhahn versehen. Man stellt die Röhre senkrecht, füllt sie mit starkem Ammoniak, läßt diesen nach einigen Minuten in ein untergestelltes Glas ablaufen, schüttet ihn von neuem auf das Kupferblech und fährt so abwechselnd einige Stunden lang fort. Man erhält hierdurch eine tief dunkelblau gefärbte, mit Kupferoxyd völlig gesättigte Flüssigkeit, in welcher das Tunicin, sowie die Cellulose und das Fibroin der Seide gelöst werden. Bei gleicher Behandlung schrumpft das Spongin zu einer zerreiblichen Masse zusammen.

Das Schwefelammonium zersetzt das Hämoglobin nicht, giebt aber mit den gewöhnlichen Eisensauerstoffverbindungen sofort den bekannten schwarzen Niederschlag von Eisensulfur (Quincke, Kunkel). **Schwefelcyan** färbt die Eisenoxydsalze rot und umgekehrt können die Eisensalze zum Nachweis des Rhodans dienen.

Ferrocyankalium (und die Salze schwerer Metalle) trüben die essigsaure Lösung des Mucins nicht, wohl aber diejenige der Albuminate. Kryptophansäure wird ebenfalls niedergeschlagen. Mit Guanin in konzentrierten Lösungen vermischt, läßt das Ferrocyankalium gelbbraune prismatische Krystalle absetzen, welche das Licht schwach polarisieren; bei gleicher Behandlung geben das Sarcin und Xanthin gar keinen Niederschlag.

Das neutrale essigsaure Bleioxyd dient zur Unterscheidung des Glutins von dem Chondrin, indem es mit ersterem keinen Niederschlag giebt, Chondrin dagegen, sowie auch Sericin oder Seidenleim reichlich ausfällt. Ebenso verhält sich das salpetersaure Silberoxyd. Dieses Salz schlägt die Glycerinphosphorsäure aus ihren Lösungen nieder. Durch basisch essigsaures Bleioxyd wird Scyllit aus seinen Lösungen kleisterartig ausgefällt.

Die schwefelsauren Metallsalze sind als Fällungsmittel für eine Reihe organischer Stoffe wichtig. Das schwefelsaure Eisen- und das schwefelsaure Kupferoxyd fällen die leimgebenden Stoffe aus; Alaun fällt nur das Chondrin und wirkt auf das Glutin und Tryptokollagen langsamer ein. Die schwefelsaure Thonerde hat die gleichen Reaktionen wie der Alaun, ist aber zuverlässiger; sie fällt den Seidenleim sofort nieder. Dem Blute zugesetzt, bringt das schwefelsaure Natron das Hämoglobin zum Krystallisieren. Für Globulin bildet die schwefelsaure Magnesia in gesättigter Lösung ein ausgezeichnetes Fällungsmittel (Hammarsten).

Die Weyl'sche Flüssigkeit (Nitroprussidnatrium) stellt die beste Reaktion auf Kreatinin dar.

Man versetzt die zu prüfende Flüssigkeit mit wenigen Tropfen einer sehr verdünnten wässerigen Lösung von Nitroprussidnatrium und fügt dann tropfenweise verdünnte Natronlauge hinzu. Ist Kreatinin vorhanden, so färbt sich die Flüssigkeit

schön rubinrot; die Farbe besteht aber nur kurze Zeit und geht dann in unbestimmtes Gelb über. Versetzt man aber die gelbgewordene Lösung mit Essigsäure und erhitzt sie, so färbt sie sich zuerst grünlich und nachher blau. Diese Reaktion kommt außer dem Kreatinin keinem anderen bekannten Körper zu (Salkowsky).

Wasser, Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff können zur Unterscheidung der Körper dienen auf Grund ihres verschiedenen Auflösungsvermögens für dieselben. Ganz unlöslich sind die Cellulose, das Tunicin, das Amylum, Chitin, Elastin, Mucin, Keratin, Melanin, Bilihumin und die Sepia.

Die Gallenfarbstoffe sind im allgemeinen in Wasser unlöslich, etwas in Alkohol, besser in Äther; ebenso verhält sich auch das Zoonerythrin (Bogdanow). In Schwefelkohlenstoff, sowie auch in Chloroform und Benzol gehen sie mit Leichtigkeit in prächtig gefärbte Lösungen über. Das Uroërythrin ist in Wasser fast nicht löslich, dagegen wohl mit prächtig roter Färbung in Alkohol und Äther. Hämatoidin vermag nur der Äther in geringer Menge aufzunehmen, Wasser und Alkohol gar nicht. Das Hämin wird in keiner der oben genannten Flüssigkeiten aufgelöst. Das Chlorophyll ist in Alkohol und Äther löslich, dagegen in Wasser gar nicht; aus dieser offenbar gemischten Substanz hat Hoppe-Seyler unter dem Namen des Chlorophyllans einen in Alkohol und Äther schwer löslichen, stark fluoreszierenden Stoff dargestellt, der beim Erwärmen der Lösung mit Zinkstaub in einen dem natürlichen Chlorophyll gleichen oder doch am nächsten verwandten Körper (Reinchlorophyll von Tschirch) übergeht. Nur in ihren Lösungen zeigen diese Körper fluoreszierende Eigenschaften, die ihnen sonst abgehen.

Die sogenannten Amide sind in Wasser stets löslicher als in Alkohol; im Äther zeigen sie die geringste Lösbarkeit. Heißes Wasser löst sie besser auf als kaltes. Cystin ist nicht einmal in Wasser löslich. Tyrosin, Kreatin, Allantoin, Xanthin, Sarcin und Guanin werden durch das Wasser nur schwer aufgelöst, durch Alkohol gar nicht. Das Taurin ist in Wasser ziemlich, in Alkohol gar nicht löslich. Leucin, Kreatinin und Glycin werden in Wasser mit Leichtigkeit, in Alkohol nur in geringem Grade aufgelöst. Glycin ist außerdem in Äther etwas löslich. Der Harnstoff, die Chlorrhodinsäure und das Samandarin lassen sich in Äther nicht auflösen, in Wasser und in Alkohol dagegen reichlich.

Die stickstoffhaltigen organischen Säuren sind in Äther fast nicht löslich, in Alkohol dagegen ziemlich leicht. Während Bernstein-, Taurochol- und Glycocholsäure, ferner die Asparagin-, Glutamin- und Kryptophansäuren schon im kalten Wasser sich lösen können, vermögen es Hippur- und Harnsäure erst in heißem Wasser. Die Cholalsäure ist in geringem Grade wasserlöslich, mäßig in Äther, fast in jedem Verhältnisse in Alkohol.

Die Zuckerarten lösen sich nicht in Äther, in Alkohol nur beim Erwärmen, hingegen mit Leichtigkeit in Wasser. Mannit, Traubenzucker, Dextrin und Glycogen befolgen diese Regel, während Inosit auch in kaltem Alkohol eine geringe Löslichkeit aufweist, Scyllit nur in Wasser

und Milchzucker sogar mit Mühe in Wasser sich auflösen läßt. Man kann somit das Glycogen durch plötzliches Fixieren der Gewebe in absolutem Alkohol an der Stelle niederschlagen, wo es sich befand; aus wässerigen Lösungen erhält man es in Gestalt eines weißen Pulvers durch Zusatz von Alkohol. Die syrupöse Inosinsäure löst sich in Wasser leicht auf, wird aber bei Alkoholzusatz wieder fest. Ihre Salze sind in Wasser, nicht in Alkohol löslich.

Cerebrin und Lecithin quellen in Wasser auf, ohne sich zu lösen, Cholesterin und Isocholesterin bleiben in Wasser unverändert. Im warmen Alkohol und Äther sind alle drei löslich. Außerdem wird das Cholesterin durch heißes Chloroform, sowie durch Öle und Seifenwasser gelöst. Das Excretin und die Elinsäure sind nur in Alkohol und Äther, nicht in Wasser löslich. Die konzentrierte alkoholische Auflösung des Isocholesterins gerinnt beim Erkalten zu einer gallertigen Masse.

Die Fettkörper, sogenannte Triglyceride, sind in heißem Äther leicht, in heißem Alkohol nur schwer, in Wasser gar nicht löslich. Das Glycerin und die Glycerinphosphorsäure sind mit Wasser und mit Alkohol in jedem Verhältnisse mischbar.

Die leimgebenden Stoffe, Glutin und Chondrin, vermag weder Alkohol noch Äther aufzulösen. Das kalte Wasser bringt sie bloß zum Quellen, und es findet die Auflösung erst nach der Anwendung der Wärme statt. Beim Erkalten der Lösung gestehen sie zur Gallerte. Ebenso verhält sich das Sericin, ein durch kochendes Wasser aus der Seide extrahierter Stoff, und das Tryptokollagen aus dem Cephalopodenknorpel. Nur durch langdauerndes Kochen ergiebt das Spirographin (aus den Röhren der Spirographis) eine äußerst schwer filtrierbare Flüssigkeit.

Das Kolloid ist dagegen schon in kaltem Wasser löslich. Eine eigentümliche Stellung nehmen die Peptone ein, indem das Wasser dieselben mit Leichtigkeit auflöst, starker Alkohol einen Niederschlag erzeugt, welcher in verdünntem Alkohol wieder aufgelöst wird.

Die eiweißartigen Stoffe, wie z. B. Hämoglobin, Myosin, Syntonin, Fibrin, Eiweiß, Protamin und die Nukleïne, sind weder in Äther, noch in reinem Wasser löslich. Die anscheinende Löslichkeit in Wasser ist stets einer geringen Beimengung von Salzen zuzuschreiben. Hierdurch erklärt sich die Einwirkung eines starken Wasserzusatzes, z. B. in einer Myosinauflösung; der Stoff wird nicht bloß niedergeschlagen, sondern auch in seinen chemischen Eigenschaften verändert (Danilewsky). Eine Ausnahme bilden nur die in kaltem und namentlich in heißem Wasser löslichen, sonst unlöslichen Charcot'schen Krystalle.

Die Enzyme. Äußerst lehrreich und der qualitativen Analyse förderlich ist die Einwirkung der sogenannten Fermentstoffe auf die Gewebe. Als besonders wichtig sind hier zu nennen: Die diastatischen Fermente (Diastase, Speichelferment u. a.), das Trypsin, das Papaïn und das Pepsin.

Die diastatischen Fermente können wegen ihrer Löslichkeit in Glycerin durch dieses extrahiert werden. Alkohol schlägt sie ohne Zersetzung nieder. Man gewinnt sie somit am besten durch Fixieren der betreffenden Organteile in Alkohol und nachheriges Ausziehen mit Glycerin, worin das Ferment lange Zeit hindurch seine Eigenschaften behält. Aus dem Submaxillar- oder Parotidenspeichel kann man eine gewisse Menge derselben extrahieren; aus Leber, Blut, Niere, Gehirn, Darmschleimhaut erhält man nur Spuren derselben. Am bequemsten ist aber dieser Fermentkörper aus keimenden Pflanzen, aus dem Malzextrakt zu gewinnen.

In wässeriger neutraler oder schwach alkalischer Auflösung, bei etwa 40° oder noch höherer Temperatur, wenn der Stoff aus Pflanzen gewonnen wurde, wandelt die Diastase Stärke in zweierlei Dextrinsorten allmählich um, von denen die eine in Maltose und schließlich in Traubenzucker übergeht, während die andere unverändert bleibt (v. Mering). Gewöhnlich wird Dextrin in Maltose und Traubenzucker verwandelt. Die Veränderung kann man durch die Jod- und Kupferoxydprobe verfolgen; erstere zeigt ein allmähliches Verblassen der hervorgebrachten Färbung, letztere giebt einen immer wachsenden Niederschlag. Glykogen wird direkt und reichlich in Traubenzucker verwandelt. Ob es dieses Ferment ist, welches im Gallenblasenschleime das Taurin der Galle zersetzt (Buchner), bleibt dahingestellt.

Das Trypsin wird am leichtesten dem Pankreas der Säugetiere, und zwar je nach dem Zeitpunkt der Verdauung in sehr verschiedenen Mengen entnommen. Ein paar Stunden nach einer reichlichen Mahlzeit zeigt sich die Drüse am ergiebigsten. Man zerreibt dieselbe in einem Mörser mit Glaspulver und absolutem Alkohol zusammen, extrahiert die Masse mit eiskaltem Wasser und fällt von neuem mit Alkohol. Der Niederschlag wird alsdann mit verdünntem Glycerin ausgezogen. Will man einen chemisch reinen Körper erhalten, so wiederholt man mehrmals die abwechselnde Behandlung mit Wasser und Alkohol. Dem Trypsin haftet schließlich nur etwas von einem Eiweißkörper, dem sogenannten Leukoid, an, den man durch Zusatz von Essigsäure bis zu 1% und durch Erwärmen bis auf 40° herausfällt. Setzt man alsdann Soda bis zur deutlich alkalischen Reaktion hinzu, so fällt ein Niederschlag von Erdsalzen, und das Trypsin krystallisiert beim Einengen der Lösung als durchsichtiger Körper, welcher zu einer leichten wolligen Masse ausbröckelt.

In reinem Glycerin ist das Trypsin nicht löslich; das Extrakt muß mit wässerigem Glycerin zubereitet werden. Auch mit Boraxlösungen sind Extrakte hergestellt worden, welche aber langsamer wirken als die ersteren.

Die Trypsinverdauung wird wesentlich beschleunigt, wenn man dem aus dem Pankreas gewonnenen Extrakt dasjenige beimischt, welches man aus der Milzpulpa eines zu Anfang der Verdauung getöteten Tieres

gewinnt (Schiff, Herzen). Glycerin oder Boraxlösung hemmen die Fermenteinwirkung in merklichem Maße, können aber nicht entbehrt werden, weil der Extrakt sonst bald in Fäulnis übergeht; erst beim Gebrauch wird die Lösung mit dem mehrfachen Gewicht Wasser vermengt.

Trypsin wirkt nur in schwach alkalischen Auflösungen als Ferment; in sauren Flüssigkeiten wird seine Einwirkung sistiert. Säure und Pepsin zersetzen ihn. Er verdaut die Eiweißstoffe und verwandelt sie zur Hälfte in Pepton, zur andern Hälfte in Leucin, Tyrosin etc. Diese Peptonkörper werden in der gleichen Flüssigkeit nicht weiter verändert. Amylum, Dextrin widerstehen der Trypsineinwirkung vollständig, ebenso auch die leimgebenden Substanzen des Tierkörpers, das Bindegewebe, das Spirographin etc. Läßt man die leimgebende Substanz vorher aufquellen oder löst dieselbe in kochendem Wasser auf, so wird sie durch das Trypsin in Leimpeptone verwandelt. Das Tryptocollagen des Cephalopodenknorpels wird dagegen sofort angegriffen und vollständig gelöst.

Das Nukleïn bleibt im Pankreasextrakte unverändert, ebenso das Hämoglobin; Oxyhämoglobin dagegen wird in Eiweißstoff und Hämochromogen leicht gespalten, wobei letzteres alsbald in Hämatin übergeht. Wichtig ist die Einwirkung des pankreatischen Enzymes auf die Fettkörper, welche teilweise in Fettsäuren und Glycerin zerspalten, teilweise in feinste Emulsion verwandelt werden.

Das Pepsin ist in Wasser und Glycerin löslich, durch Alkohol aber aus seinen Lösungen fällbar. Eine gut verdauende Flüssigkeit erhält man, wenn man von einem frischen Schweinemagen die Schleimhaut abpräpariert, zerschneidet und in dreimal erneuertem, zu etwa 0,4 % mit Salzsäure versetztem Wasser jedesmal einige Stunden lang stehen läßt.

Ziemlich reine Pepsinlösung gewinnt man durch Extraktion der Magenschleimhaut mit sehr verdünnter Phosphorsäure, Filtrieren, Neutralisieren mit Kalkwasser, wobei das Pepsin ausfällt, Auswaschen des Niederschlages mit Wasser, Lösen in sehr verdünnter Salzsäure, Fällung mit Alkohol, Wiederlösen des Niederschlages in sehr verdünnter Salzsäure und Reinigung durch Dialyse mit viel Wasser (Maly). Peptone treten durch den Dialysator aus der Lösung heraus und können außerdem durch Alkohol entfernt werden, indem sie viel langsamer als Pepsin gefällt werden.

Man kann aber auch die gereinigte Magenschleimhaut in Alkohol erhärten, trocknen, pulvern und mit Glycerin extrahieren (v. Wittich).

Der abfiltrierte Extrakt verdirbt nicht und es kann zu jeder Zeit aus demselben eine verdauende Flüssigkeit durch Fällen des Pepsins mit Alkohol und Wiederauflösen in sehr verdünnter Salzsäure gewonnen werden.

Pepsin wird durch essigsaures Blei gefällt, verliert aber dadurch einen Teil seiner Wirksamkeit. Auch längeres Liegen in Alkohol beein-

trächtigt dieselbe. Essigsäure allein oder mit Ferrocyankalium zusammen fällen dieses Ferment nicht. Trypsin in alkalischer Lösung hebt seine Wirksamkeit nur so lange auf, als die Lösung die alkalische Reaktion aufweist. Am besten giebt sich die Anwesenheit des Pepsins durch die verdauende Wirkung der schwach sauren (namentlich salzsauren) Auflösung auf die Eiweißstoffe kund. Bei 40° bis 45° findet diese Fermentwirkung am schnellsten statt, namentlich wenn das Eiweiß zerstückelt und vorher mit angesäuertem Wasser behandelt wurde. Sind Eiweißstücke eine zeitlang in der Lösung geblieben, so kann man sie herausnehmen und weiter im Brütofen halten; sie verwandeln sich in Peptone, weil sie eine bedeutende Menge Pepsin absorbiert hatten. Wird aus einer Pepsinlösung ein indifferenter Körper gefällt, so zieht er mit sich den größten Teil des gelösten Pepsins herab.

Eiweißkörper gehen infolge der Pepsinverdauung in Peptone über. Aus dem Glutin und auch aus dem Chondrin, wenn auch bei letzterem etwas langsamer, gehen Leimpeptone hervor; das Tryptokollagen dagegen wird unter teilweise fibrillärem Zerfall äußerst schwer aufgelöst. Das Elastin widersteht der künstlichen Verdauung 8 bis 10 Tage und wird, in trockenem, feingepulverten Zustande in den Magen eines Fisteltieres eingeführt, erst nach 1 bis 2 Tagen verdaut (Horbaczewski). Fast ebenso widerstandsfähig ist das Nukleïn, und es geht aus diesem Verhalten die bequemste Methode hervor, das Nukleïn aus den Geweben oder dem Eiter dadurch zu isolieren, daß man die Verdauung in dem Momente sistiert, wenn das Eiweiß ganz weggelöst ist. Das Spirographin wird nach längerer Einwirkung kaum verändert.

Das Erhitzen. Zur Unterscheidung organischer Körper dient außer dem Kochen in Wasser oder anderen Flüssigkeiten das Erhitzen im trocknen Zustande auf dem Platinblech. Bei solcher Behandlung zersetzt sich das Chitin unter Verkohlen ohne vorheriges Schmelzen und Aufblähen, wogegen die Keratinkörper (Conchiolin etc.) sich bedeutend aufblähen und einen eigentümlichen starken Geruch abgeben, den man beim Glühen des reinen Tyrosins und der Chlorrhodinsäure ebenfalls verspürt. Durch Erhitzen schmelzen die festen Fette. Das Cholestearin schmilzt bei 145°, das Lecithin ist noch leichter schmelzbar. Bei 100° schmelzen schon die Kreatinkrystalle unter Zersetzung. Der Schmelzpunkt des Excretins ist bei etwa 94°. Das Leucin kann man durch vorsichtiges Erhitzen ohne Zersetzung verflüchtigen; die Elinsäure schmilzt bei 53° und destilliert bei 225° unzersetzt über; Glycocoll dagegen schmilzt erst bei 178°, wobei es sich zugleich zersetzt. Die syrupöse Glycerinphosphorsäure zersetzt sich beim Erwärmen. Das Samandarin (aus den Hautdrüsen von Salamandra) wird schon durch bloßes Eintrocknen an der Luft zersetzt, während das Kochen mit Wasser keine solche Wirkung hat.

Im mikroskopisch feinen Verteilungszustand verhalten sich manche Körper beim Glühen anders als in kompakten Massen. So werden feine

Kieselnadeln schon bei der Rotglühhitze angeschmolzen und schmelzen bei der Weißglühhitze vollständig zusammen.

Die Beschaffenheit flüssiger Stoffe kann auch zu deren Unterscheidung beitragen. Die einen sind dünnflüssig, diffundierbar, die anderen dickflüssig und vermögen nicht organische Membranen zu durchsetzen. Auf diesem verschiedenartigen Verhalten wurde die im einzelnen schwer durchführbare Einteilung in Krystalloide und Kolloide (Graham) gegründet, und es beruht darauf das Dialysierungsverfahren. Obgleich nun solche Eigenschaften makroskopisch unschwer erkennbar sind, so treffen wir beim Versuch, dieselben auch mikroskopisch nachzuweisen, auf die größten Schwierigkeiten. In dieser Richtung kann nur die strenge Beobachtung desjenigen, was unter dem Mikroskope vorgeht, hin und wieder Aufschluß geben.

Ein bequemes, wenn auch nicht strenges Merkmal der Anwesenheit fetter Körper bietet ihre Fähigkeit, auf dem Papiere durchscheinende Flecke zu bilden. Wird der Ätherextrakt desjenigen Gewebes, in welchem man Fette vermutet, eingedampft, ein Papierstreifen mit dem Rückstande benetzt und bei 100° eine zeitlang erhalten, um etwaige von flüchtigen Ölen herrührende Flecke zu verflüchtigen, so können noch bestehende Flecke nur von Fettkörpern herrühren.

Manche Körper, wie Cholalsäure, sind im amorphen Zustande wachsartig und lassen sich kneten, während sie im krystallinischen Zustande diese Eigenschaft nicht besitzen.

Die Krystallgestalten der Körper sind dagegen auch mikroskopisch im ausgedehnten Maße verwertbar. Es seien hier als besonders charakteristisch nur folgende Körper hervorgehoben:

Der kohlensaure Kalk erscheint namentlich als Otolithin in Form reiner Rhomboëder oder Skalenoëder oder auch als Kombination des Rhomboëders mit dem hexagonalen Prisma. Der oxalsaure Kalk bildet spitze Quadratoktaëder, welche bei schwacher Vergrößerung wie Briefcouverte aussehen.

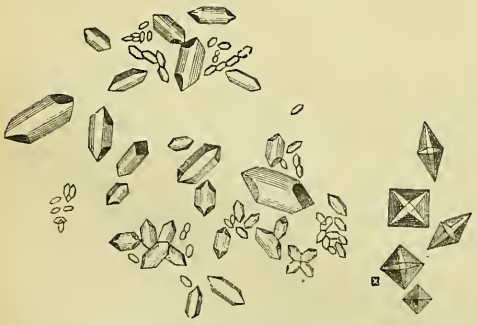


Fig. 78. Krystalle des kohlensauren (links) und des oxalauren Kalkes (rechts).

Die phosphorsauren Ammoniak-Magnesiakrystalle gehören ebenfalls dem rhombischen Systeme an, erscheinen aber meistens in sogenannter Sargdeckelform, d. h. als dreiseitige, an beiden Ecken der einen Seite oder an allen Ecken abgestutzte Prismen. Die aus der Chloroform- oder Benzollösung des Bilirubins erhaltenen rubinroten Krystalle sind klinorhombische Prismen mit deutlich konvexen Flächen. Rot gefärbte, dem rhombischen Systeme angehörige,

kurze Prismen oder lange Nadeln bildet das Hämatoidin (über Häminkrystalle s. S. 155).

Unter den Amiden sei das Cystin genannt, welches farblose, sechseckige Prismen oder dünne Tafeln bildet; ferner das Taurin in farblosen sechsseitigen Prismen des rhombischen Systems mit 4- oder 6seitiger Zuspitzung. Die farblosen rhombischen Säulen nach dem monoklinometrischen System des Glycocolls sind kaum mit anderen Krystallen zu verwechseln. Das Tyrosin erscheint dagegen in feinen weißen Nadeln, welche sich öfter pinsel- oder fächerförmig gruppieren. Vom Leucin kann man nur im reinsten Zustande Krystalle erhalten in Gestalt klinorhombischer Plättchen; sonst ballt es sich zu kugligen oder halbkugligen, häufig geschichteten Massen zusammen, deren Oberfläche zuweilen rauh erscheint. Das Kreatinin krystallisiert dagegen regelmäßig und leicht in schief rhombischen Säulen (monoklinisches System). Ähnlich sind die farblosen rhombischen Prismen des Kreatins. Charakteristisch für den

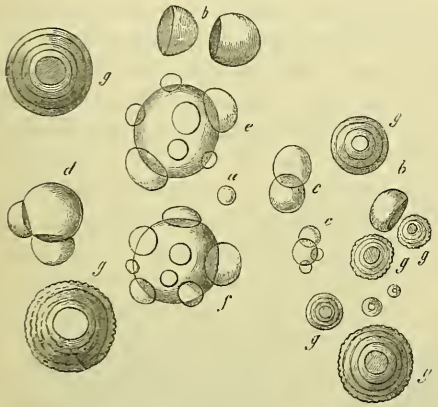


Fig. 79. Sphäroidale Aggregate des Leucins. *g* mit Schichtung und rauher Oberfläche.

Fig. 80. Verschiedene Gestalten der Harnsäurekrystalle.

Harnstoff sind die langen vierseitigen, hellen Säulen. Die stickstoffhaltigen Säuren sind fast sämtlich durch ihre Krystallformen unterscheidbar. Die Glycocollsäure krystallisiert in sehr feinen Nadeln und Nadelgruppen; ebenso die Chlorrhodinsäure aus ihrer alkoholischen Auflösung. Die Hippursäure bildet nur beim langsamen Verdunsten ihrer Lösungen kurze Krystalle, welche denen der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia ähneln und der Grundform des vertikalen rhombischen Prisma angehören. Sonst schlägt sich dieser Stoff in kleinen Flitterchen oder langen Säulen nieder. Die Elinsäure krystallisiert in lanzettförmigen Plättchen, die Asparaginsäure in rhombischen Prismen, die Glutaminsäure in farblosen, diamantglänzenden, rhombischen Oktaëdern oder Tetraëdern, während die Kryptophansäure gummiartige Massen bildet und noch nicht zum Krystallisieren gebracht werden konnte. Die Cholalsäure

krystallisiert aus der Ätherauflösung in vierseitigen Säulen mit jederseits zwei Pyramidenflächen am Ende, aus Alkohol in tetragonalen Oktaëdern oder einfachen Tetraëdern. Die Harnsäure erscheint unter sehr verschiedenartigen Krystallgestalten (Fig. 80), in Wetzsteinform oder rhombischen Tafeln mit abgerundeten Winkeln. Unter Umständen, namentlich bei der Zersetzung des harnsauren Kalis, kommen ganz eigentümliche, einer Doppelaxt ohne Handgriff ähnliche Bildungen zu stande, welche die Engländer als »dumb-bells« bezeichnen. Die Bernsteinsäure bildet farblose monoklinometrische Prismen.

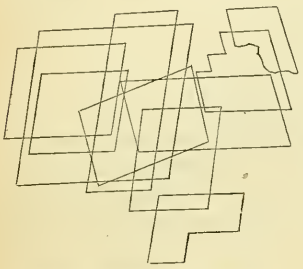


Fig. 81. Cholestearinkrystalle.

Von den Fetten und Fettsäuren sind keine charakteristischen Krystallbildungen zu erhalten. Die dünnen rhombischen, übereinander geschobenen glashellen Plättchen des Cholestearins (Fig. 81) sind dagegen auf den ersten Blick zu erkennen.

Die Zuckerarten des tierischen Körpers mit der einzigen Ausnahme des Inosits sind entweder gar nicht oder undeutlich krystallisierbar; letzteres bildet klinorektanguläre, helle Prismen.

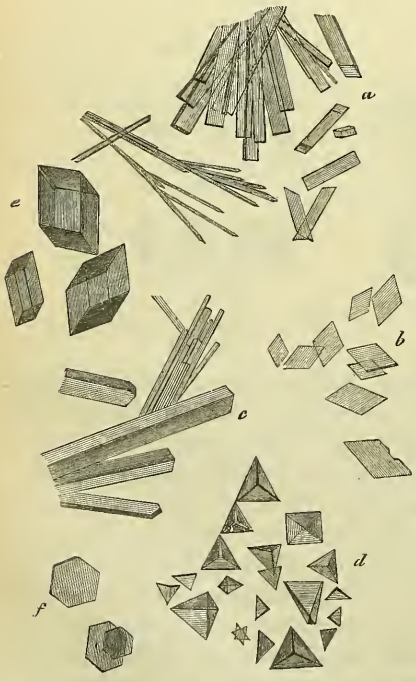


Fig. 82. Oxyhämoglobinkrystalle. *a* aus dem Venenblute des Menschen; *b* aus der Milzvene; *c* aus dem Herzblut der Katze; *d* aus der Herzvene des Meerschweinchens; *e* vom Hamster; *f* vom Eichhörnchen.

Das Hämoglobin, auch Hämatokrystallin genannt, krystallisiert in sehr verschiedenen Gestalten, je nach den Tierarten und der Stelle des Körpers, von welcher das Blut herrührt. Am besten erhält man sie aus dem Milzvenenblute. In der Regel handelt es sich um das Oxyhämoglobin. Der sauerstofffreie Körper ist weit löslicher und kommt daher nicht so bald zur Ausscheidung; er kann aber direkt sogar aus dem Menschenblute erhalten werden, wenn man die Blutflüssigkeit in zugeschmolzenen Glasröhren eine geraume Zeit lang sich selbst überläßt (Hüfner). Das Oxyhämoglobin wird mit Leichtigkeit aus dem ausdunstenden Blute erhalten, wenn man nur dasselbe vorher durch eins der folgenden Mittel desorganisiert hat: 1) Erhitzen auf 60°; 2) Gefrieren und Wiederauftauen; 3) Elektrische Entladungen; 4) Auspumpen der Blutgase; 5) Einleiten von Sauer-

stoff und nachher Kohlensäure in das gewässerte Blut; 6) Einwirkung von Alkohol, Äther und Chloroform bei Luftzutritt. Durch welche Mittel man auch die Krystalle erhalten mag, sie sind stets doppeltbrechend, hellrot, in gewissen Richtungen betrachtet bläulich, in anderen scharlachrot, also mehrfarbig. Die allermeisten Krystallformen gehören dem rhombischen Systeme an und erscheinen als Prismen, Tetraëder und Rhomboëder. Ein seltenes Vorkommnis sind die hexagonalen Tafeln, wie man sie z. B. aus dem Blute des Eichhörnchens erhält.

Unter dem Namen der Charcot'schen Krystalle versteht man eine in kurz- oder sehr spitzprismatischen, gewölbtflächigen Pyramiden und Pyramidenkombinationen krystallisierende Substanz, die aus der Kombination der Phosphorsäure mit einer organischen, der sog. Schreiner'schen Base, besteht, und welche man dem Lecithin nahe stellt.

Daß die **Farbe** der Substanzen zu deren Unterscheidung wesentlich beitragen kann, versteht sich von selbst. Mit bloßem Auge kann man jedoch sehr verschieden zusammengesetzte Farben miteinander verwechseln. Eine genaue Analyse läßt sich in dieser Beziehung nur durch die Spektraluntersuchung erlangen, und in der That ergiebt diese in manchen Fällen sehr charakteristische Absorptionsstreifen, welche schon an und für sich zur Unterscheidung der betreffenden Substanzen genügen. Dabei muß man jedoch beachten, daß die Dicke der Farbstoffschicht auf die Breite und Deutlichkeit der Absorptionsbänder, in zweiter Linie sogar auf deren Lagerung einen Einfluß hat. Ferner können auch der chemische Zustand und das Lösungsmittel Änderungen hervorrufen.

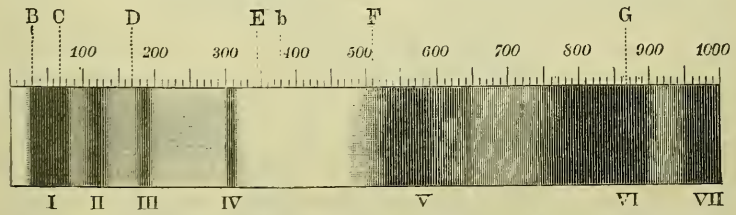


Fig. 83. Absorptionsspektrum der alkoholischen Chlorophyllösung, nach Kraus.

Sehr konstant und charakteristisch ist das Absorptionsspektrum des Chlorophylls, gleichviel ob im lebenden Zustande oder in alkoholischer Lösung; es zeigt dasselbe sieben Bänder: 1) zwischen den Fraunhoferschen Linien B und C im Rot; 2) in der Mitte zwischen C und D im Orange; 3) im Gelb neben der Linie D; 4) vor E im Grün, sehr schwacher Streifen; 5) im blauen Teile hinter F, breit, nach beiden Seiten ausgewaschen; 6) halbwegs zwischen F und G beginnend und bis auf G verlaufend, noch breiter als V und ebenfalls verschwommen an den Rändern; 7) am violetten Ende. Bei abnehmender Dicke der absorbierenden Schicht nehmen zuerst Band III, dann IV und II, hierauf V, VI und VII ab, und schließlich ist nur noch Band I sichtbar (Pringsheim).

Sehr ähnlich ist das Spektrum des Phykoerythrins oder Florideenrot. Das Spektrum des Luteïns (Mac Munn) aus der Krabben- oder Flußkrebsleber, mit Salpetersäure behandelt, stimmt vollkommen überein mit dem des Chlorophylls, das mit derselben Säure versetzt wurde.

Das grüne Blut der *Sabella ventilabrum* zeigt das charakteristische Absorptionsspektrum des Chlorocruorins mit vier Bändern: 1) jenseits des A im Rot; 2) zwischen C und D, letzterem etwas näher; 3) etwa $^1/_3$ des Weges von D nach E; 4) jenseits des F, das ganze Violett abschneidend. Das Band III hört bei dünneren Schichten früher auf als Nr. II.

Wenig charakteristisch im allgemeinen sind die Spektra der Gallenfarbstoffe. Es zeigen jedoch Krukenberg's Untersuchungen, daß in jener Richtung noch alles zu thun ist; jedenfalls sind noch keine allgemeinen Gesichtspunkte gewonnen. Ebenso wenig kann man über die bei wirbellosen Tieren vorkommenden Blutfarbstoffe, das Hämerythrin und Hämocyanin, sowie über die namentlich bei Schwämmen so verbreiteten Farbstoffe etwas allgemeines aussagen.

Mehr oder weniger charakteristisch sind ferner die Absorptionsspektra der Haut- und Federfarbstoffe der Vögel, Reptilien und Amphibien, z. B. des Zoonerythrins, Coriosulfurins, Zoofulvins, Lacertofulvins, worüber man die Arbeiten von Meyer und Krukenberg nachschlagen möge.

Das schönste aller Spektren ist aber dasjenige des bei Wirbeltieren und auch bei manchen Wirbellosen so verbreiteten Oxyhämoglobins. Außer den beiden bekannten Absorptionsbändern zwischen D und E (Fig. 84) zeigt das Oxyhämoglobin eine Lichtabsorption, welche von A zu B und namentlich gegen D zu wächst. Beim reduzierten Hämoglobin (Fig. 84, 2) treten die beiden Absorptionsstreifen D-E zu einem einzigen schlecht begrenzten zusammen; zwischen B und C erscheint das Spektrum beträchtlich dunkler als beim Oxyhämoglobin. Das Hämatin in verdünnter Natronlauge gelöst (Fig. 84, 3), das Hämochromogen in alkalischer Lösung (Fig. 84, 4) und die Lösung Nr. 3 mit Cyankalium versetzt (Fig. 84, 5) zeigen eine bedeutende Absorptionskraft gegen das blaue Ende des Spektrums. Es folgen schließlich noch das Spektrum des Hämatins, gelöst in schwefelsäurehaltigem Alkohol (Fig. 84, 6), des eisenfreien Hämatoporphyrins in dünner Sodalösung (Fig. 84, 7) und in schwefelsäurehaltigem Alkohol gelöst (Fig. 84, 8).

Die Circumpolarisationserscheinungen der Körper sind zu deren Unterscheidung minder brauchbar als die Spektralfarben, wo solche vorhanden sind. Es kann sich hierbei bloß um die Frage handeln, ob die betreffenden Stoffe das polarisierte Licht nach rechts oder nach links drehen. Eine genaue Abmessung des Drehungsvermögens hat nur in denjenigen Fällen einen Zweck, wo man reine Lösung von bekannter chemischer Zusammensetzung vor Augen hat. Bei der Mikrochemie dürfte sich dies kaum jemals ereignen.

Eine starke rechtsseitige Circumpolarisation besitzen: das Dextrin,

das Glykogen, der Traubenzucker; es folgen noch die Maltose, der Milchzucker, die Cholal-, Asparagin-, Glutaminsäuren und ihre Salze und das Isocholesterin. Das Inosit hat keine Einwirkung auf die Polarisationsebene.

Dem Dextrin und Isocholesterin kann man unter den linksdrehenden Körpern eine Varietät des Dextrins, die man Sinistrin nennen kann, und das Cholesterin symmetrisch gegenüberstellen. Linksdrehend sind das Tyrosin, das Cystin, namentlich deren salzsaure Auflösung; ferner die leimgebenden Körper: Elastin, Glutin und Chondrin, und endlich die Eiweißstoffe und Acidalbumine, namentlich in ihren wässerigen Auflösungen.

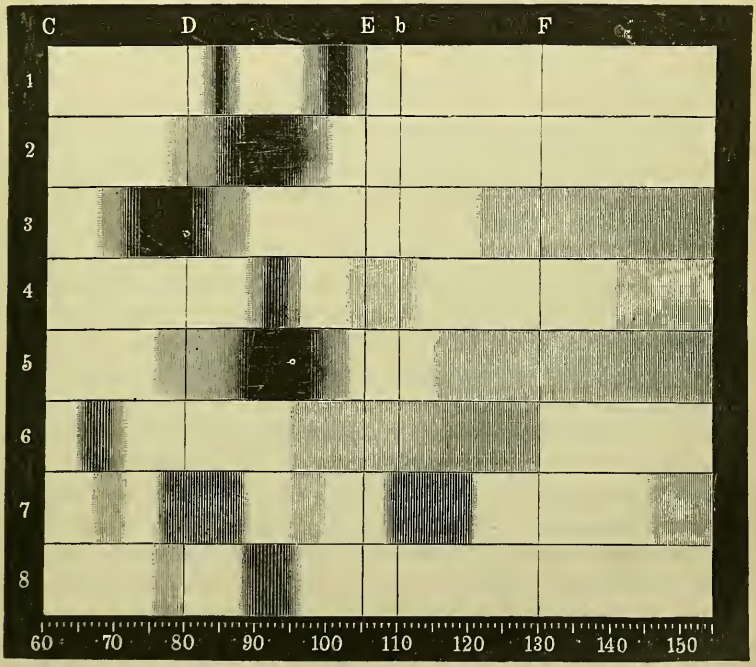


Fig. 84. Absorptionsspektren des Hämoglobins und Hämatins. Nr. 1 Spektrum des Oxyhämoglobins; Nr. 2 des Hämoglobins; Nr. 3 des Hämatins, in sehr verdünnter Natronlauge gelöst; Nr. 4 des Hämochromogens in alkalischer Lösung; Nr. 5 des Nr. 3 mit Cyankalium versetzt; Nr. 6 des Hämatins in schwefelsäurehaltigem Alkohol gelöst; Nr. 7 des eisenfreien Hämatoporphyrins in verdünnter Sodalösung; Nr. 8 dasselbe in schwefelsäurehaltigem Alkohol.

Fluoreszenz. Nur wenige Körper zeigen diese Erscheinung in so ausgeprägtem Maße, daß man es zu deren Unterscheidung benutzen könnte. Es seien hier nur das Chlorophyll und Chlorophyllan in ihren alkoholischen und ätherischen Auflösungen angeführt, während die wässerigen Lösungen derselben Stoffe keine solchen Erscheinungen bieten; ferner das Chinoidin, das Bence-Jones aus dem menschlichen Körper und

namentlich aus der Krystallinse durch mit Schwefelsäure etwas angesäuertes Wasser auszieht und nach der Sättigung des Extraktes mit Ätzkali in Äther überführt. An der weißen Fluoreszenz kann man geringe Mengen dieses Stoffes mit Leichtigkeit wahrnehmen.

Biologische Analyse. In mikrochemischer Beziehung dürfte diese erst neuerdings von Th. W. Engelmann erfundene Methode große Wichtigkeit erlangen. Dieselbe beruht auf der Vorliebe, welche kleinste Organismen für gewisse Stoffe zeigen. Zunächst wurde die Anziehung, welche der Sauerstoff auf gewöhnliche Fäulnisbakterien (*Bact. termo autt.*) ausübt, benutzt, um geringe Spuren des an einer Stelle des mikroskopischen Präparates frei gewordenen Sauerstoffes zu entdecken, und mittelbar konnte hierdurch die Einwirkung verschiedener Teile des Spektrums auf die Kohlensäurezersetzung der Pflanzen zur Wahrnehmung gebracht werden. Daß diese sinnreiche Methode noch weiterer Anwendung fähig sei, ist nicht zu bezweifeln.

Farbige Reagentien. Zum Schlusse und als Übergang zu den eigentlichen Färbungen seien hier einige Stoffe angeführt, welche nicht zur Tinktion der untersuchten Substanz dienen, sondern vielmehr durch die Substanz je nach deren Natur eine Veränderung der eigenen Farbe erleiden. Es gehören hierher:

Die Lackmuslösung, ein einfacher wässeriger Auszug des gepulverten käuflichen Lackmus, den man zum teil im ursprünglichen Zustande aufbewahrt, zum teil mit so viel Salpetersäure versetzt, daß er eben die rote Farbe annimmt. Eine Mischung der roten und blauen Lösung giebt ein violettes, auf Alkalien und Säuren sehr empfindliches Reagens.

Die Rosolsäure oder Corallin wird zu 2—3 g in 1 ℓ Alkohol aufgelöst und durch Barytwasser neutralisiert; die Alkanna wird durch Ausziehen der roten Lage der Rinde der Alkannawurzel in Alkohol oder Äther dargestellt. Von letzterer bereitet man eine rote, d. h. saure, und eine alkalische oder blaue Lösung. Beide Reagentien dienen dazu, die saure oder basische Beschaffenheit in Wasser unlöslicher, in Alkohol oder Äther löslicher Substanzen zu zeigen. Außerdem dient die Rosolsäure, in Natriumkarbonat aufgenommen, zum Nachweis der Stärkeschleime (Szyszylowicz), deren dauerhafte rote Farbe, die sie in genannter Säure annehmen, selbst nicht durch längeres Kochen in Alkohol zerstört wird. Celluloseschleime färben sich ebenso, verblassen aber schon in kaltem, um so mehr in heißem Alkohol. Protoplasma und Zellwände bleiben farblos. Die Alkanna dient zum Nachweis von Harz- und Fettröpfchen. Man benetzt zwischen den Fingern ein pigmentreiches Stückchen der Alkannaborke, legt es über den ebenfalls benetzten Schnitt auf den Objektträger, läßt das Deckgläschen darüber fallen und setzt einen Tropfen Alkohol am Rande des Präparates zu. Nach wenigen Minuten sind die Harz- und Fettröpfchen stark rot gefärbt. Durch Auswaschen mit Alkohol verschwindet diese rote Färbung des Harzes und läßt sich durch Wiederholen der ganzen Prozedur nicht wieder herstellen, wodurch man das

Harz von etwaigen Fettröpfchen leicht unterscheiden kann. Protoplasma und Zellwände bleiben ungefärbt.

Das Tropäolin kommt entweder in alkoholischer Lösung oder, nach Verdunstung derselben auf Papier oder Porzellan, ihr Rückstand zur Verwendung. Das Tropäolin 00 wird von schwachen Säuren, wie Kohlensäure, Essigsäure, Borsäure, nicht verändert, durch Weinsäure, Citronensäure u. a. rot gefärbt, durch starke Mineralsäuren, Oxalsäure u. s. w. lila bis schwarz. Das Tropäolin 000 Nr. 1 nimmt mit Alkalien karminrote Färbung, mit Karbonaten, Boraten u. s. w. eine schwächere rote Nüance an. Die Alkaliphosphate mit 3 Äquiv. Metall röten den Farbstoff bedeutend, die mit 2 Äquiv. nur schwach, die Monophosphate gar nicht. Die Tropäolinfarben sind mit Recht von Danilewsky zur Auffindung schwacher Säuren und schwacher Basen empfohlen worden.

Das Phloroglucin, in Wasser oder Alkohol aufgelöst, dient zum Nachweise von verholzten Zellwänden, die sich darin fast augenblicklich purpurrot bis violett färben.

Das Diphenylamin wird in Lösungen von $^1/_{100}$ bis $^1/_{10}$ g in 10 kcm reiner Schwefelsäure angewendet, um Nitrate oder Nitrite an frischen Gewebspräparaten nachzuweisen. Dieselben geben sich durch tiefblaue Farbe zu erkennen, welche nach kürzerer oder längerer Zeit in Braungelb übergeht. Geringe Spuren dieser Salze kann man durch die Einwirkung starker Lösungen auf getrocknete Teile zur Anschauung bringen (H. Molisch). Brucin in einer Lösung von 0,2 g in 10 kcm reiner Schwefelsäure ruft eine rotgelbe oder hochrote, aber vergängliche Farbe hervor, welche bei Anwesenheit geringer Spuren von Salzen nicht deutlich hervortritt (H. Molisch).

Die Metallimprägnationen beruhen auf der Fähigkeit verschiedener Stoffe, Metallösungen und Salze zu zersetzen und das Metall unter lebhaften und dauerhaften Farbenerscheinungen an sich zu binden oder im metallischen Zustande in ihrem Innern abzulagern.

Die Osmiumsäure (Max Schultze) liefert die besten Färbungen resp. Imprägnationen, wenn man die Gewebe in derselben entweder allein oder mit Essigsäure zusammen fixiert. Es kommen hier dieselben Regeln zur Geltung, die wir bereits in betreff der Fixierung aufgestellt haben (s. S. 95).

Obgleich die allermeisten organischen Körper das Osmium aus obiger Säure reduzieren und an sich unter rotbrauner bis schwarzer Färbung binden, so findet diese Reduktion in sehr ungleichem Maße statt. Vor allen anderen Stoffen sind es die Fettkörper, und zwar die isolierten Fettsäuren sowohl wie die Triglyceride und sogar deren Seifenverbindungen, die sich binnen kurzer Zeit tief schwarz färben, wobei das umgebende Gewebe ziemlich farblos bleibt. Unter den Fetten bestehen wiederum Verschiedenheiten, indem die flüssigeren Glieder der Reihe, das Öl und die Ölsäure, das Osmium außerordentlich schnell, die Palmitin- und Stearinsäure und ihre Verbindungen dasselbe viel langsamer reduzieren. Den Fettkörpern zunächst kommen mit bezug auf die

Energie der Färbung das Lecithin und das sogenannte Myelin. Die sogenannten Aleuronkörner, die man z. B. in den Pigmentzellen vorfindet, färben sich recht stark (Angelucci), was möglicherweise von einem Lecithingehalt herrühren könnte. Cerebrin und Cholesterin bleiben in der Osmiumsäure durchaus unverändert. Gewöhnlicher Alkohol reduziert die Säure und färbt sich schon im Verlauf einer halben Stunde intensiv schwarz (A. Cahn), während rektifizierter Äther sich indifferent verhält.

Die schwärzende Einwirkung auf die Gewebe kann man durch Eintauchen des Objektes in Alkohol, in Müller'sche Lösung oder in Beale'schen Karmin fast augenblicklich sistieren. Der alkoholische Boraxkarmin leistet denselben Dienst. Eigentümliche gut differenzierte Färbungen in verschiedenen Nüancen erhält man, wenn das soeben mit Osmiumsäure imprägnierte Präparat auf 24 Stunden oder mehr in eine gesättigte wässerige Lösung der Oxalsäure eingelegt wird (M. Schultze, Brösicke). Ist die Färbung schon zu weit gegangen, so giebt es verschiedene Mittel dieselbe rückgängig zu machen; empfehlenswert ist keines von den bisher bekannt gegebenen Verfahren, und man thut daher besser, wo es sich nicht um ein unersetzbares Präparat handelt, das verdorbene aufzugeben und wieder von vorn anzufangen. Diese Entfärbungsmittel bestehen aus Chlor- oder aus Cyankaliumverbindungen.

P. Mayer bringt auf den Grund des Gefäßes, in welchem das Präparat in Alkohol liegt, etwas chlorsaures Kali und giebt mit der Pipette einige Tropfen Salzsäure zu. Sobald die Chlorentwicklung sich durch grüne Färbung kundgiebt, vermischt man durch sanftes Schütteln die Flüssigkeiten; mäßiges Erwärmen beschleunigt den Bleichprozeß. Nimmt man statt Salzsäure Salpetersäure, so wird Sauerstoff entbunden, welcher ebenfalls, nur in geringerem Grade bleichend wirkt.

Javellelauge oder Wasserstoffsuperoxyd äußern dieselbe Wirkung. Besser noch kommt man zum Ziele mit einer schwachen wässerigen Auflösung des Ferricyankaliums. Ferrocyankalium kann ebenfalls, aber mit größerer Vorsicht, angewendet werden.

Die schlechte Färbbarkeit der Osmiumpräparate mit eigentlichen Tinktionsmitteln sucht Malassez dadurch zu umgehen, daß er durch andere Mittel fixiert und erst das fertig bereitete und gefärbte Präparat den Osmiumsäuredämpfen aussetzt. Leider kommt die Osmiumimprägnation auf schon behandelten Geweben entweder gar nicht oder sehr schlecht zu stande, und es sind die Resultate nicht mit denjenigen zu vergleichen, die man durch direkte Einwirkung auf das frische Gewebe erhält. Nur die seit kurzer Zeit gehärteten Präparate sind für diesen Zweck noch gut zu gebrauchen.

Eine Ausnahme bilden ferner auch die mit Kaliumbichromat kurze Zeit behandelten Gewebe. So legt z. B. Golgi die Wirbeltiermuskeln 3 Tage lang in 2%ige Bichromatlösung, hierauf 12 Stunden in 1%ige Arsenigsäurelösung und schließlich 5 bis 6 Stunden in 1%ige Osmiumsäure. Über die Golgi'schen durch gleichzeitige Einwirkung der Osmiumsäure und des Kaliumbichromats mit nachheriger Silberimprägnation hergestellten Präparate des Zentralnervensystems s. weiter unten.

Die Goldimprägnation hat Cohnheim in die mikroskopische Technik eingeführt. Sie besteht darin, daß man entweder ganz frische oder nur seit kurzer Zeit aufbewahrte Gewebe der Einwirkung einer wässerigen Lösung des Goldchlorids aussetzt bei Gegenwart eines Überschusses von Säure. Ob man das reine Goldchlorid oder ein Doppelsalz desselben nimmt, ist nicht von belang. Zur Ansäuerung dient am besten eine organische Säure. Nach kurzem Verweilen in der Goldlösung wird das Präparat dem Lichte ausgesetzt oder ins Dunkel gestellt, bis das zurückgebliebene Goldsalz reduziert erscheint. Ob dabei stets eine Reduktion auf den metallischen Zustand stattfindet, oder ob die tiefviolette Farbe nicht in vielen Fällen von einer eigentümlichen Verbindung des Goldes mit organischen Substanzen bedingt wird, bleibt dahingestellt. Bekannt ist nur (L. Lindet), daß mit dem Phosphor besondere Doppelsalze entstehen, von denen das Gold-Phosphorchlorür und das Gold-Phosphorchlorid isoliert wurden.

Wohlgelungene Goldpräparate gehören zu den allerschönsten und deutlichsten, die man überhaupt zu Gesicht bekommt. Ihre Darstellung ist aber stets mit großer Unsicherheit verbunden; bei demselben Verfahren, welches sonst gute Resultate liefert, muß man hin und wieder auf ein Mißlingen gefaßt sein, dessen Gründe sich nicht eruieren lassen. Daß überdies auch die bestgelungenen Präparate von einander abweichen und in anatomischer Beziehung kein unbedingtes Zutrauen verdienen, hat Lee gezeigt. Wir sind nämlich über die chemischen Ursachen der Goldwirkung, über die physiologischen Zustände des Gewebes, welche in dieser Wirkung Änderungen hervorrufen können, durchaus im unklaren. Es geht dies am besten aus der großen Anzahl der Formeln hervor, die man zur Ausführung des Goldverfahrens vorgeschlagen hat, und deren einige hier folgen sollen:

1) Verfahren des direkten Einlegens in die Goldlösung.

Cohnheim legte die abgetrennte Cornea eines Wirbeltierauges in eine $^1/_2$%ige Lösung des Chlorgoldes und setzte dieselbe nachher in leicht angesäuertem Wasser dem Tageslicht aus.

Nach dem Hénoque'schen bedeutend modifizierten Verfahren verfertigt Cybulsky mit dem Rasiermesser dünne Schnitte aus dem frischen ungehärteten Gewebe der Ochsenschnauze und legt sie sofort in eine $^1/_2$ bis $^1/_{16}$%ige Lösung des Chlorgoldes ein. Nach $^1/_4$ bis $^3/_4$ Stunden werden die bereits fixierten Schnitte in Wasser übertragen, wo sie $1^1/_2$ bis 2 Stunden verbleiben und darauf in eine gesättigte oder halbgesättigte (die Stärke ist nicht von belang) weinsaure Lösung gebracht werden. In einer wohlverkorkten Flasche mit breitem Boden wird diese Flüssigkeit auf 50° bis 60° erwärmt, höher nicht. Nach etwa $^1/_4$ Stunde nimmt die Lösung eine violette Farbe an, und es zeigen sich an den Schnitten violette Streifen, welche den Papillen entsprechen. Es wird nun zur mikroskopischen Untersuchung geschritten; ist die Färbung noch nicht genügend, so bringt man das Objekt in die Weinlösung zurück und erwärmt, wo nötig, noch zum zweiten Male. Schließlich wäscht man mit Wasser aus.

Manfredi behandelt die Muskelsehnen, indem er die frisch abgetrennten Partieen $^1/_2$ Stunde lang in 1%ige Goldchloridlösung und nachher in eine $^1/_2$%ige auf 36° C. erwärmte oxalsaure Lösung einlegt, wo sie bis zur Abkühlung verbleiben.

Böttcher legt die Cornea direkt in $^1/_5$%ige Goldlösung und läßt die Reduktion in einer Mischung von 1 Teil Ameisensäure, 1 Teil Amylalkohol und 100 Teilen Wasser geschehen. Eine plötzliche, aber körnige Reduktion erhält man, wenn die Präparate nach Nathusius aus dem Goldbade sofort in eine schwefelsaure Eisenoxydlösung kommen.

Zur Bearbeitung des Zentralnervensystems der Wirbeltiere bringt Owsiannikow die betreffenden Gewebe in eine $^1/_2$%ige Goldchloridlösung ein, die er mit einigen Tropfen Ameisensäure versetzt hat, und läßt das Ganze 20 Minuten lang in einem dunklen Raume verbleiben. Hierauf werden die Teile mit destilliertem Wasser abgespült, in einem Wasserbade in 30%igem Alkohol mit Hinzufügung von 10 bis 15 Tropfen Ameisensäure gekocht, und wenn die Flüssigkeit mit dem Präparate nach etwa 10 bis 15 Minuten eine violette Farbe angenommen hat, so wird das letztere auf 2 Tage in eine Mischung von gleichen Teilen Glycerin und Wasser mit 20 Tropfen Ameisensäure eingetaucht. Es dient diese Methode namentlich für Zupfpräparate.

Ranvier legt Eidechsenmuskeln zum Zweck der Auffindung der Nervenendigungen direkt in eine Mischung, bestehend aus 1%iger Chlorgoldlösung: 4 Teile, Ameisensäure: 1 Teil. Es werden beide Flüssigkeiten vor dem Gebrauche zusammengeschüttelt, auf den Siedepunkt erhitzt und gleich nach dem Erkalten gebraucht. Durch diese Prozedur erhält das Chlorgold stärker reduzierende Eigenschaften. In dieser Lösung sollen die Muskeln 20 Minuten lang verbleiben, und nach dem Abwaschen in einer Mischung von 1 Teil Ameisensäure mit 4 Teilen Wasser wird die Reduktion vollendet.

Thanhoffer versetzt seine $^1/_2$ bis 1%ige Goldchloridlösung vor dem Gebrauche mit etwas Essigsäure oder Salzsäure. Die möglichst frischen Gewebe werden direkt eingelegt und das Ganze in einer Schachtel vor Licht geschützt. Hierauf bleiben die Gewebe in 2%ig essigsaurem Wasser in einem Uhrschälchen dem Lichte $^1/_4$ bis mehrere Stunden ausgesetzt, bis sie eine strohgelbe Farbe angenommen haben. Nach dem Abspülen verweilen sie in verdünnter Essigsäure einige Stunden, zuweilen 48 Stunden, dem Lichte ausgesetzt.

2) Verfahren der vorherigen Ansäuerung der Präparate.

Das Löwit'sche, von Fischer und von Ranvier befolgte und etwas modifizierte Verfahren besteht aus folgenden Operationen:

Die frisch abgetrennten, nicht mehr als 1 bis 2 mm dicken Muskelstückchen (z. B. vom Gastrocnemius des Frosches) kommen sofort in ein Uhrschälchen mit einer Mischung von 1 Teil Ameisensäure mit 2 Teilen Wasser. Sowie dieselben nach $^1/_2$ bis 1 Minute durchscheinend geworden sind, werden sie in ein zweites Uhrschälchen übertragen, welches 1 bis 2 ccm 1%iger Goldchloridlösung enthält. Nach 10 bis 15 Minuten sind sie durch und durch gelb geworden. Man bringt sie alsdann in das Ameisensäuregemisch zurück, worin sie an einem völlig dunkeln Orte 24 Stunden lang verbleiben, hierauf in reine Ameisensäure und läßt sie abermals 24 Stunden im Dunkeln stehen. Mit Wasser abgewaschen, zeigen sie eine violette Färbung der innersten Teile, eine gelbliche Farbe an der Oberfläche. Durch Zerzupfen findet man an der Grenze der beiden Färbungen Stellen, wo die Muskeln ziemlich farblos, die Nervenendigungen tief violett erscheinen. Fischer legt die frischen Muskelpartieen zuerst in reine Ameisensäure statt in die verdünnte Mischung.

Ranvier empfiehlt ferner folgendes Verfahren für Nervenendigungen im Muskelfleische. Ein zerschnittener Froschmuskel wird in frisch gepreßtem, durch Flanell filtriertem Citronensaft 5 bis 10 Minuten lang gelassen. Die durchsichtig gewordenen Stücke werden mit Wasser ausgewaschen und verbleiben etwa 20 Minuten lang in einer 1%igen Chlorgoldlösung. Nochmals ausgewaschen, kommen die Stücke in eine Flasche mit 50 g dest. Wasser und 2 Tropfen Essigsäure. Am hellen Tageslichte ist die Reduktion nach 24 bis 48 Stunden vollendet. Solche Präparate werden jedoch mit der Zeit dunkler. Besser ist es, nach der zweiten Auswässerung eine Mischung von 1 Teil Ameisensäure auf 3 Teile Wasser zu gebrauchen, die man im Dunkeln

stehen läßt. Nach 24 Stunden ist das Gold so weit reduziert, daß die in angesäuertem Glycerin aufgestellten Präparate nur wenig nachdunkeln.

Welicky färbt die sympathischen Nervenfasern der Lymphherzen der Frösche durch folgendes Verfahren: Das frische Herz wird halbiert, in destill. Wasser abgespült, 5 Minuten in 10%iger Ameisensäure, 20 Min. in 1%igem Goldchlorid mit einigen Tropfen Ameisensäure und schließlich in 1%iger Ameisensäure am Sonnenlichte reduziert.

3) Verfahren mit Doppelsalzen des Goldes.

Gerlach scheint zuerst das Goldchloridkalium anstatt des einfachen Salzes gebraucht zu haben.

Er setzte Querschnitte des in chromsaurem Ammonium gehärteten Rückenmarks in eine äußerst schwache, 1 : 10 000 bis 1 : 1000 haltende wässerige Auflösung des Doppelsalzes, worin sie bis zur genügenden Reduktion verblieben.

Für die abgetrennte Cornea empfiehlt Ranvier Citronensaft, 5 Minuten lang, Abwaschen, $^1/_4$stündiges Verweilen in einer Goldkaliumchloridlösung von 1% und Reduktion am Tageslichte in essigsaurem Wasser.

Ciaccio hat für die Nervenendigungen in Torpedomuskeln oder in der Cornea folgendes Mittel angewandt: Die auf einer Glasplatte ausgebreiteten Muskeln werden von ihrer Bindegewebshülle befreit und in 1 mm dicke Stücke geteilt. Es kommen dieselben nun auf 5 Minuten in filtrierten Citronensaft, werden ausgewässert, bleiben 1 Stunde im Dunkeln stehen in einer 1%igen Lösung des Gold-Kadmiumdoppelchlorides, ausgewaschen, verbleiben 12 Stunden im Dunkeln in mit 1%iger Ameisensäure versetztem Wasser, hierauf ebenso lange an der Sonne und noch 24 Stunden im Dunkeln, mit Ameisensäure in einem Gläschen benetzt, schließlich ausgewaschen und in Glycerin aufgestellt.

Obgleich frische Gewebe, wenn sie der Goldmethode unterworfen werden, stets die besten Resultate liefern, so kann man auch solche Gewebspartieen gebrauchen, die nicht allzulange in Alkohol oder Kaliumbichromat gelegen haben.

Frisch wäscht die Schnitte mit Wasser aus, läßt sie 24 Stunden lang in Kochsalzlösungen von 0,6% liegen und behandelt sie alsdann mit 10%iger Ameisensäure, Chlorgoldlösung u. s. w. Es empfiehlt sich dieses Verfahren bei manchen Seetieren, deren frische Gewebe sich zur Goldfärbung nur wenig eignen.

Flechsig behandelt Rückenmarksquerschnitte nach Erhärtung mit chromsaurem Ammonium in $^1/_2$%iger Goldlösung, wäscht sie mit Wasser aus und bringt sie in eine 10%ige Ätznatronlauge. Die Reduktion erfolgt fast augenblicklich.

Golgi legt die Muskeln 3 Tage lang in 2%ige Lösung des doppeltchromsauren Kali, präpariert sie aus und bringt nun die Stücke in 1% Arsenigsäure oder in 1%ige Essigsäure, wo sie 30 Minuten verbleiben. Nachher kommen sie 30 Minuten in die 1%ige Goldchloridlösung und nach dem Abspülen wieder in die arsenige Säure, worin sie dem Lichte exponiert bleiben.

Leber bringt die Schnitte des mit Müller'scher Lösung gehärteten Nervensystems eine Stunde lang in eine $^1/_2$%ige Chlorgoldlösung, dann in destilliertes Wasser, wo die Reduktion nach ein Paar Tagen erfolgt und an allen Stellen, wo normales Nervenmark liegt, eine dunkelviolette Färbung entsteht.

Ueber die Combinationen der Gold- mit der Silberimprägnation s. weiter unten.

Entfärbung der Goldpräparate. Übergefärbte Goldpräparate, wie solche häufig genug vorkommen, braucht man nicht wegzuwerfen, sondern kann sie durch Behandlung mit Cyankalium wieder entfärben.

Rebding wäscht die dunkel gewordenen Gewebe mit schwacher Kaliumferrocyanidlösung; auch mit Kaliumferrocyanür kann man den Zweck erreichen, muß aber die Einwirkung mit größerer Sorgfalt bewachen.

Cybulsky nimmt eine $^1/_2$ % ige Cyankaliumlösung, worin die verschiedenen Gewebssorten nacheinander und zwar die Nerven zuletzt entfärbt werden. Ist die Einwirkung genügend, so saugt er die Flüssigkeit mit Löschpapier weg und setzt Glycerin hinzu. Durch diese Prozedur werden die Epithelien gelockert und können durch Aufschlagen auf das Deckgläschen entfernt werden.

Die Silberimprägnation (Recklinghausen) wird auf zweifache Weise angewandt, einmal um die Zellenmembranen und Intercellularsubstanz, die Grenzen benachbarter Zellenelemente sichtbar zu machen, und zweitens um kleinste Gewebslücken zu demonstrieren, indem man dieselben mit einem schwarzen Niederschlage anfüllt. Die erstere Methode ergiebt sogenannte negative Bilder und bildet bei weitem die wichtigste Anwendung der Silbersalze in der Histologie. Das Verfahren zur Anfüllung der Gewebslücken wird verhältnismäßig nur selten in Gebrauch genommen.

Die gebräuchlichsten Lösungen sind die 1-, 2- sogar bis 5 %igen wässerigen Auflösungen des Silbernitrates in dest. Wasser; 2 % ist die mittlere Stärke, welche in den meisten Fällen passen dürfte. Hoyer wendet statt derselben eine Ammoniumsilbernitratflüssigkeit an, die man dadurch erhält, daß man in die Höllensteinlösung starkes reines Ammoniak tropfenweise zufügt, bis der zuerst entstandene braune Niederschlag wieder aufgelöst ist. Alferow empfiehlt die pikrin-, essig-, citronen- oder milchsaure Silberlösung. Es genügt jedoch, der gewöhnlichen Silbernitratflüssigkeit ein paar Tropfen Essig- oder Citronensäure zuzufügen, um genau die gleichen Resultate zu erhalten, wie mit jenen Salzen.

Membranartig ausgebreitete oder mit Epithel versehene Flächen werden in die Silberlösung 2 bis 15 Minuten eingelegt, bis sie weißlich erscheinen. Sie werden alsdann herausgenommen und in einem Uhrschälchen mit 2 %iger Essigsäure am hellen Tageslicht oder an der Sonne umgerührt. Besser ist es noch, das behandelte Gewebe am Rande des Uhrschälchens trocken auszubreiten und die essigsaure Flüssigkeit mit dem Pinsel oder mit der Pipette dann und wann auf dasselbe zu träufeln (Thanhoffer). Man hüte sich, das Präparat mit metallenen Instrumenten zu berühren. Die Reduktion ist in der Regel genügend vorgeschritten, wenn das Gewebe eine deutlich braune Farbe angenommen hat. Um das Nachdunkeln des Präparates zu vermeiden, wäscht man in einer etwa 10 %igen Lösung des unterschwefligen Natrons (Legros) und entfernt letzteres durch reichliche Auswässerung. Zu dunkel gewordene Präparate kann man durch längere Einwirkung der Natronlösung oder schneller durch Cyankalium (1 : 10) wieder aufhellen. In eine hellrote Lösung des übermangansauren Kalis übertragen, zeigen die gesilberten und mit Wasser abgespülten Teile eine fast augenblickliche Reduktion des Silbers (Krausz); die Methode ist aber unsicher. Der neu entstandene Niederschlag in den Geweben wird durch verdünntes Ammoniak leicht weggelöst.

Schwieriger ist die Anwendung der Höllensteinmethode bei See-

tieren, weil Kochsalz das Silber aus seiner Lösung momentan niederschlägt. Diesen Übelstand vermeidet R. Hertwig, indem er zarte Seetiere mit verdünnter Osmiumsäure fixiert und so lange mit destilliertem Wasser auswäscht, bis das Spülwasser mit der Silberlösung fast gar keinen Niederschlag mehr giebt; es läßt sich nachher die gewöhnliche Methode anwenden. Auch von Alkoholpräparaten kann man gute Silberfärbungen erhalten, nur muß in diesem Falle eine alkoholische Silbernitratlösung zu etwa 2% zur Anwendung kommen. Man wäscht mit angesäuertem Alkohol aus. Diese Methoden verdienen jedoch nur für salzhaltige Gewebe eine Empfehlung; sonst ergiebt die direkte Behandlung frischer Organe viel schönere Resultate.

Im allgemeinen dringt die Silbernitratlösung nicht in die Tiefe und kann außerdem unter Umständen die seltsamsten Faserbildungen und Trugbilder hervorrufen. Ihre Anwendung eignet sich daher im allgemeinen nur zur Auffindung der Zellengrenzen von Plattenepithelien oder Endothelien und von Keimhäuten.

Soll die Einwirkung etwas mehr in die Tiefe dringen, wie z. B. bei der Cornea des Wirbeltierauges, so empfiehlt sich in solchen Fällen die Behandlung noch lebender Organe mit dem nackten Höllensteinstifte (Heitzmann). Der angeätzte Teil wird alsdann rasch herausgeschnitten und wie sonst mit essigsaurem Wasser am Sonnenlichte behandelt.

Um sogenannte **positive Silberbilder** zu erhalten (His), d. h. um die Lücken und Lymphräume auszufüllen, läßt man die Gewebsstücke in Silbernitratlösung im Dunkeln etwas länger liegen und bringt sie sofort in eine 2 bis 5%ige Chlornatrium- oder Zinnchloridlösung, bewegt sie ein paar Minuten hin und her, wäscht mit Wasser gut aus und läßt die Reduktion am Lichte erfolgen. Der Niederschlag des Chlorsilbers in allen Gewebslücken erfolgt äußerst schnell; zur Auffindung der letzten Lymphkanälchen in der Cornea, den Muskeln, der Unterhaut (Hoggan) leistet diese Methode vortreffliche Dienste. Die Hohlräume erscheinen mit schwarzen Körnchen angefüllt. Thiersch bringt die Querschnitte in Alkohol gehärteter Organe in eine alkoholische Silbernitratlösung von 1:5000, hierauf in eine weingeistige Kochsalzlösung u. s. w. Mit eigentlichen Farbstoffen nachgefärbt, sind solche Präparate recht schön.

Doppelimprägnation mit Silber. Die frischen Teile werden zuerst mit der Silbernitratlösung und hierauf einige Sekunden lang mit 1%iger Osmiumsäure behandelt (Thanhoffer) und in verdünnter Essigsäure reduziert. Hoggan behandelt die auf einer offenen Röhre, wie ein Trommelfell ausgespannte Cutis zuerst mit ½%iger Silbernitratlösung, und hierauf mit ½%iger Goldchloridlösung. Muskeln werden einige Sekunden mit 1%iger Silberlösung benetzt, 10 Minuten lang dem Lichte exponiert, dann 1 Minute mit ½%iger Goldlösung behandelt und wie sonst in angesäuertem Wasser der Reduktion anheimgelassen.

Prachtvolle Präparate des Zentralnervensystems hat Golgi durch die Verbindung des Silbernitrats mit der Osmiumsäure und dem Kalium-

bichromat erhalten. Ein dem eben getöteten Kaninchen vorsichtig entnommener Nerv wird eingelegt in eine Mischung von:

doppeltchromsaurem Kali, 2% : 10 Teile — Osmiumsäure 1% : 2 Teile.

Nach einer Stunde wird der Nerv in Stücke geschnitten und auf einige Stunden wieder in die Lösung gebracht; schließlich kommen die Stücke auf 8 Stunden in eine $^1/_2$%ige Silbernitratlösung und werden alsdann in Schnitte zerlegt. Besser noch sind die Präparate, welche in Kaliumbichromat (peripherische Nerven 4—8 Stunden, Zentralorgane 10—14 Tage lang) erhärtet, in die Silbernitratlösung 12 bis 24 Stunden gelegt und erst nach dem Aufstellen der Schnitte in Dammarfirnis behufs der Reduktion dem Lichte ausgesetzt wurden.

Das Palladiumchlorür (F. E. Schulze) wird zur gleichzeitigen Fixierung und Färbung der Gewebe angewendet. Das möglichst frisch vom Tier entnommene Stückchen wird in eine wässerige Lösung von 1 : 800 bis 1 : 1500 Stärke eingelegt. Um das Palladiumsalz aufzulösen, ist man genötigt, eine Spur Salzsäure zuzusetzen. Die Härtung geht in der Regel nach 2 bis 3 Tagen bis zur schnittfähigen Konsistenz. Sobald die gehärteten Teile längere Zeit in der Flüssigkeit geblieben sind, werden sie zu hart und bröcklig; man muß daher den richtigen Zeitpunkt abpassen. Die Färbung ist für glatte Muskelfasern, Epithelien etc. eine hellgelbe; quergestreifte Muskeln erscheinen mehr bräunlich, das Nervenmark schwarz, Horn-, Fett- und Bindegewebe färben sich nicht. Für das Zentralnervensystem ist dieses Mittel nur auf dünne Schnitte anwendbar, weil die Wirkung desselben in diesem Falle nicht in die Tiefe eindringt.

Das molybdänsaure Ammonium haben Merkel und Krause in die Technik eingeführt. In einer 5%igen neutralen Auflösung dieses Salzes dem Lichte ausgesetzt, werden die Gewebe innerhalb 24 Stunden fixiert und blau gefärbt. Setzt man sie nachher in eine Gallus- oder Pyrogallussäurelösung, so verdunkelt die Farbe und die Konsistenz wird allmählich eine schnittfähige. Merkel dagegen setzt der Auflösung des Molybdänsalzes Eisen und Chlorwasserstoffsäure hinzu.

Alle mit Metall imprägnierten Gewebe haben den großen Vorteil, daß man sie mit eigentlichen Farbstoffen weiter behandeln kann, ohne den Verlust der ersten Färbung befürchten zu müssen. So bieten z. B. Silberpräparate, die man nachträglich mit Hämoxylin oder Karmin behandelt, prachtvolle Bilder. Osmiumpräparate lassen sich mit Hämoxylin ziemlich gut färben, nehmen aber das Karmin und die sonstigen Tinktionen schlecht an. Goldpräparate dagegen behandelt man hinterher am besten mit Methyl- oder Jodgrün.

Farbstoffe nennt man organische, lebhaft gefärbte Substanzen, welche die Eigenschaft besitzen, mit organischen Substraten sich zu verbinden und ihnen ihre eigene Farbe mitzuteilen. Den größten Wert besitzen diejenigen, welche sich nur mit bestimmten Gewebspartieen verbinden, die anderen Partieen dagegen teilweise oder gänzlich freilassen; man bezeichnet sie als elektive im Gegensatz zu denjenigen Farbstoffen, welche eine gleichmäßige, sogenannte diffuse Wirkung äußern und nur in den seltensten Fällen eine Nützlichkeit haben. Zu

den elektiven Tinktionen muß man übrigens diejenigen rechnen, welche zwar zuerst ein diffuses Bild geben, aber durch geeignete Nachbehandlung auf bestimmte Elemente lokalisiert werden.

Auf das Endresultat haben zwei Umstände einen großen Einfluß: der Konzentrationszustand der färbenden Lösung und die Temperatur. Stark konzentrierte Lösungen färben in der Regel mehr diffus, schwächere zeigen mehr elektive Eigenschaften, indessen ist diese Regel nicht ohne Ausnahmen. Die Wärme begünstigt stets die Schnelligkeit und Intensität der Färbung; so kann man im Brütofen gewisse Härtungspräparate färben, welche sonst der Tinktion hartnäckigen Widerstand leisten.

Man kann die Tinktionen nach den Farbstoffen einteilen; dabei hat man aber den Nachteil, daß ein und derselbe Farbstoff je nach der chemischen Verbindung, in welcher wir ihn auflösen, ganz verschiedene Wirkungen äußert. Wir ziehen es vor, die Art der Lokalisierung als Leitfaden bei der Klassifizierung zu gebrauchen. Von diesem Gesichtspunkte aus haben wir Kern-, Elastin-, Collagen-, Fettfärbungsmittel von den indifferenten oder diffus färbenden zu unterscheiden. Im allgemeinen läßt sich, wie Ehrlich zuerst bemerkte, aussagen, daß solche Tinktionen, in welchen der zusammengesetzte Farbstoff aus einer farbigen Base und einer farblosen Säure besteht, die Tendenz besitzen, auf die Kerne lokalisiert zu bleiben. Spielt dagegen die eigentliche Farbe die Rolle einer Säure in der farbigen Verbindung, so färbt die Tinktion entweder diffus oder dieselbe lokalisiert sich vornehmlich auf Interzellularsubstanzen, Zelleneinschlüsse und Protoplasma. Eine ganz allgemeine Geltung hat dieser Ausspruch auch nicht, kann aber, so lange wir in die bei der Färbung stattfindenden chemischen Vorgänge keinen besseren Einblick gewonnen haben, immerhin als vorläufige Richtschnur dienen.

Die **Kernfärbungsmittel** besitzen nur ausnahmsweise die Eigenschaft, auf die Kerne von vornherein beschränkt zu bleiben. Bei den meisten wird die Lokalisierung erst in zweiter Linie durch Nachbehandlung erhalten.

Das Hämatoxylin oder Hämoxylin kommt als krystallinische rotbraune Substanz von sehr zweifelhafter Reinheit im Handel vor. Mit diesen Krystallen wird zunächst eine am besten gesättigte Lösung in starkem oder in absolutem Alkohol hergestellt, die man mit anderen Flüssigkeiten vermengt. Hat man kein Hämoxylin zur Hand, so kann man sich mit dem überall käuflichen Campecheholzextrakt behelfen, den man ebenfalls in Alkohol sich auflösen läßt.

Die älteste und zur Färbung von Querschnitten und dünnen Präparaten gebräuchlichste Lösung ist die Böhmer'sche, deren Formel wir Frey entnehmen:

0,35 Teile Hämoxylin werden in 10 Teilen absolutem Alkohol gelöst. Eine zweite Lösung besteht aus 0,1 Teil Alaun und 30 Teilen destilliertem Wasser. Man bringt einige Tropfen der ersten Lösung in letztere, bis ein schönes Violett sich entwickelt.

Wir nehmen lieber eine wässerige Alaunlösung von 1 : 15 und träufeln die kon-

zentrierte alkoholische Auflösung des Hämoxylins oder Campecheholzextraktes in dieselbe bis zur gewünschten Stärke hinein.

Klein schreibt vor: 15 g pulverisierten Alaun und 5 g Extr. ligni Campec. in einer Reibschale zu vermengen und während des Reibens langsam 25 kcm destilliertes Wasser zuzusetzen. Man filtriert, setzt dem Filtrate 5 kcm Alkohol hinzu, reibt die auf dem Filter zurückgebliebenen Reste abermals mit 15 kcm Wasser, filtriert, setzt dieser zweiten Lösung 2 kcm Alkohol hinzu und vermengt sie mit der ersten Flüssigkeit.

Cook nimmt 6 Teile Blauholzextrakt, 6 Teile Alaun, 1 Teil Kupfervitriol, pulverisiert alles zusammen und versetzt allmählich mit 40 Teilen Wasser. Der filtrierten Flüssigkeit setzt er gegen Schimmelbildung einen Thymolkrystall hinzu.

Wichtig ist es zu beachten, daß die Lösung — mag man sie in irgend welcher Weise hergestellt haben — im frisch bereiteten Zustande mehr rötlich erscheint und schlechte Färbungen giebt. Erst nach 8 Tagen — je länger, desto besser — nimmt die Flüssigkeit einen mehr bläulichen Ton an und hat nun ihre vortrefflich elektive Eigenschaft gewonnen. Durch den Zusatz einer Spur Ammoniak (man setzt die Lösung kurze Zeit den Ammoniakdämpfen aus und schüttelt dieselbe) oder besser eines Tröpfchens einer Ammoniumkarbonatlösung kann man diese Umwandlung der färbenden Eigenschaften beschleunigen.

Ranvier sammelt den Bodensatz aus alten abgestandenen Tinkturen, löst denselben in Alaunlösung wieder auf und erhält dadurch eine sofort brauchbare Flüssigkeit.

Diese Lösungen halten sich leider nicht. Anfangs sind sie unreif, nachher setzen sie einen Niederschlag ab, den man abfiltrieren muß, und gehen durch Verschimmeln zu grunde. Ich ziehe es vor, mit der Flüssigkeit keine Filtrationen vorzunehmen, sondern die Flasche an einem ruhigen Orte unbeweglich stehen zu lassen, damit der Niederschlag zu Boden falle, und die nötige Menge jedesmal vom oberen Teile mit einer Pipette zu nehmen, ohne die Flasche zu berühren. Um die Schimmelbildung zu verhüten, erwärme ich die Alaunlösung vor der Mischung bis zum Sieden und verschließe die Flasche mit einem Pfropf aus Wundbaumwolle, den ich vorher mit Terpentinöl benetze.

Von dieser Lösung werden einige Tropfen in einer Uhrschale mit Wasser vermischt. Man legt die Schnitte in diese Mischung und hebt sie von Zeit zu Zeit mit dem Spatel heraus, bis die Färbung genügend zu sein scheint. Für den Glycerineinschluß darf die Färbung nicht so weit gehen, wie für Canadabalsampräparate. Chromsäurepräparate kann man vor dem Färben nach Weigert's Vorschlag mit sehr verdünnter Ätzkalilauge auswaschen.

Eine nur sehr geringe Tendenz zum Verschimmeln zeigen die mit Glycerin versetzten Lösungen. Dieselben ergeben recht schön lokalisierte Tinktionen, welche aber erst nach geraumer Zeit vollendet sind. Anfangs ist die Färbung mehr diffus und wird mit Leichtigkeit durch bloßes Auswaschen entzogen.

Renaut löst Kalialaun in Glycerin (spez. Gew. ca. 1,260) bis zur Sättigung und fügt demselben tropfenweise eine gesättigte alkoholische Hämoxylinlösung bei, bis das Gemenge tief violett erscheint. Die Mischung bleibt an einem staubfreien Orte in offenem Gefäße stehen, damit der Alkohol entweiche, und wird nach einigen Wochen filtriert. Man kann auch Alaunglycerin mit $^1/_4$ bis $^1/_3$ ihres Volumens der Böhmer'schen Hämatoxylinlösung vermengen.

Grenacher vermischt 4 kcm einer gesättigten alkoholischen Hämoxylinlösung mit 150 kcm einer konzentrierten wässerigen Lösung von Ammoniakalaun, läßt die Mischung 8 Tage lang am Lichte stehen, filtriert sie ab und setzt derselben 25 kcm

Glycerin und 25 kcm Methylalkohol hinzu. Die beste Wirkung äußert diese Flüssigkeit, wenn sie so lange gestanden hat, bis ein Bodensatz sich zeigt.

Ehrlich nimmt: Hämoxylin 2 Teile — Alkohol, destilliertes Wasser, Glycerin, je 100 Teile — Alaun 2 Teile.

Die Glycerinlösungen ergeben allerdings recht schön lokalisierte Färbungen, aber erst nach sehr geraumer Zeit.

Soll man statt der Querschnitte oder Zupfpräparate den Gegenstand in toto färben, so empfehlen sich alkoholische Auflösungen, worin das Objekt ohne zu verderben längere Zeit liegen kann. Kleinenberg's alkoholische Hämatoxylinlösung nach der neueren vereinfachten Formel wird folgendermaßen hergestellt:

In einer konzentrierten Solution von Chlorcalcium in 70%igem Alkohol wird noch Alaun bis zur Sättigung gelöst. Die Flüssigkeit wird alsdann mit dem 6 bis 8fachen Volumen 70%igen Alkohols verdünnt und mit einer gesättigten Lösung von Hämoxylin in absolutem Alkohol tropfenweise versetzt, bis die gewünschte Stärke erreicht ist. Die Lösung muß violett mit einem Stich in Blau erscheinen; nimmt sie eine rötliche Farbe an, so läßt man durch Aufsetzen eines mit Ammoniak benetzten Stöpsels Spuren von Ammoniak hinzutreten und schüttelt sie, bis die ursprüngliche Farbe wieder hergestellt ist.

Vor dem Einlegen müssen die Objekte durch häufigen Alkoholwechsel völlig von Säure befreit werden. Die Lösung soll schwach sein, ist sie zu dunkel, so verdünnt man sie mit der oben angegebenen alkoholischen Alaun-Chlorcalciumlösung. Ist Überfärbung eingetreten, so extrahiert man die Farbe mit Alkohol, dem man $^1/_2$% ige Oxal- oder Salzsäure zugesetzt hat, und wäscht die Säure mit reinem Alkohol vollständig aus. Es lassen sich durch diese Methode selbst große Stücke von den sonst so schlecht färbbaren Osmium- oder Chromsäurepräparaten ganz durchfärben, wozu freilich mehrere Tage erforderlich sein können.

In mittlerer Stärke angewendet färbt das Hämatoxylin fast ausschließlich die Kernsubstanz; das Zellenprotoplasma erscheint fast farblos, Zellenwände und Intercellularsubstanz nehmen gar keine Farbe an. In sehr starken, sowie durch langes Liegen in schwächsten Lösungen wird das Zellprotoplasma deutlich mitgefärbt. In salzsäurehaltigem Alkohol behalten nur die Kerne ihre Farbe. Überfärbung kann man durch längeres Liegenlassen in wässeriger Alaunlösung nur wenig vermindern; mit stark verdünnter Salzsäure dagegen wird der Zweck in kurzer Zeit erreicht (Heidenhain). Die Präparate müssen aber mit äußerster Sorgfalt ausgewaschen werden, weil die geringste Spur zurückgelassener Säure die Farbe nach und nach zum Verschwinden bringt. Aus diesem Grunde sind die salzsauren Hämoxylinlösungen, in welchen die Präparate eine rötlich gelbe Farbe annehmen, die beim Auswaschen der Säure in Violett übergeht und vortrefflich lokalisiert erscheint, wenig zu gebrauchen. Alkalien haben dieselbe verblassende Wirkung. Diesem Umstande hat das Hämoxylin seinen Ruf als unbeständige Farbe zu verdanken. In Canadabalsam zeigt es sich übrigens beständiger als in Glycerin; nur muß man das Aufhellen mit Xylol statt Nelkenöl vornehmen, weil letzteres auf die Farbe oxydierend wirkt.

Das Ribesin. Unter diesem Namen führen wir einen nützlichen Farbstoff in die mikroskopische Technik ein. Man gewinnt eine gut färbende Lösung auf folgende Weise:

Die Beeren der schwarzen Johannisbeere (*Ribes nigrum*) werden ausgedrückt und die Häute mehrere Stunden hindurch mit 10%iger Alaunlösung gekocht. Es entsteht eine schön tiefviolette Flüssigkeit, die man am besten mit Wasser verdünnen kann. Am anderen Tage wird filtriert. Alkoholpräparate nehmen die Farbe schneller auf als chromsaure; am wenigsten paßt die Härtung mit Bichromat.

Die Lokalisierung dieses Farbstoffes ist dem Böhmer'schen Hämoxylin ganz ähnlich, nur mit dem Unterschiede, daß es ein noch exquisiteres Kernfärbungsmittel darstellt. Die Farbe ist hellblau mit einem Stich in das grünliche, hübsch, distinkt und dauerhaft.

Das Karmin wird in zweierlei Arten zur Färbung verwendet, nämlich in saurer und alkalischer Auflösung. Nur in ersterer Form hat es die Eigenschaft eines Kernfärbungsmittels. Es gehören hierher:

Schneider's essigsaures Karmin. Eisessig wird zu 45% mit Wasser vermengt und bis zum Kochen erwärmt. In dieser siedenden Flüssigkeit wird gepulvertes Karmin zugesetzt, bis es sich unter Umrühren nicht mehr auflöst. Die erkaltete und abfiltrierte Flüssigkeit kann entweder direkt auf lebende Gewebe oder aber mit Wasser bis zu 1% verdünnt zur Verwendung kommen. Die erhaltene Farbe ist rötlich violett und beschränkt sich nach kurzer Zeit auf die Kerne. Leider sind die Präparate nicht haltbar; die Methode ist nur zur augenblicklichen Untersuchung oder zu Demonstrationszwecken geeignet. Will man jedoch ein Präparat einige Tage aufheben, so sauge man die essigsaure Flüssigkeit ab und ersetze dieselbe durch gesättigte Kaliacetatlösung.

Grenacher's salzsaures Karmin wird folgendermaßen hergestellt. Auf 100 kcm von 60 bis 80%igem Alkohol setzt man 12 bis 18 Tropfen Salzsäure hinzu und läßt hierin Karmin abkochen. Die Menge des letzteren ist je nach der Karminsorte verschieden. Ist die fertige Lösung gelbrötlich, so war zu viel Säure darin und man muß etwas Ammoniak zusetzen; giebt dagegen die Tinktion eine diffuse Färbung der Gewebe, so setze man tropfenweise Salzsäure hinzu. Zum Verdünnen und zum Auswaschen dient Alkohol, weil das Wasser den Farbstoff ausfällt. Es eignet sich diese Tinktion zur Färbung von Schnitten der durch Alkohol gehärteten Objekte, welche in Wasser zu stark aufquellen würden.

Schweigger-Seidel versetzt die ammoniakalische Karminlösung (s. weiter unten) mit Essigsäure im Überschuß und filtriert. Die Präparate nehmen eine diffuse Färbung an, welche sich aber nach und nach auf die Kerne beschränkt, wenn man sie in angesäuertem Glycerin (Salzsäure 1 T., Glycerin 200 T.) aufstellt. Ähnlich wirkt auch die Rollett'sche Karminlösung. Karminpulver wird mit verdünnter Schwefelsäure gekocht; der rote Niederschlag wird abfiltriert und löst sich in reinem Wasser mit hellroter Farbe auf.

Grenacher's Alaunkarmin. Eine konzentrierte Kali- oder Ammoniak-Alaunlösung wird 10 bis 20 Minuten lang mit $^1/_2$ bis 1% Karmin gekocht. Man verdünnt mit der Alaunlösung, filtriert und setzt etwas Karbolsäure hinzu, um Schimmelbildungen zu vermeiden. Beim Gebrauch dieser Lösung steht eine diffuse Färbung ebensowenig zu befürchten wie Überfärbung. Nur die quergestreiften Muskeln färben sich zuweilen diffus. Die Nüance spielt in Lila oder Violett über, hat aber meistens nur eine geringe Intensität. Man wäscht mit Wasser aus.

Ähnlich wirkt die Alaun-Cochenillenabkochung nach Partsch und nach Czokor. Ihre Darstellung bietet aber größere Sicherheit, weil das Material, die Cochenille, nicht denselben Verfälschungen ausgesetzt ist wie das Karmin. Es lautet die Formel: 7 g Cochenille und 7 g gebrannten Alauns werden zusammen in einer Reibschale fein zerrieben; dazu giebt man noch 700 g destilliertes Wasser und erhält das Ganze im Sieden, bis es auf 400 kcm eingedampft ist. Nach dem Abkühlen wird eine Spur Karbolsäure zugesetzt und die violette Flüssigkeit einigemal filtriert. In längeren Zeiträumen muß man wieder filtrieren und Karbolsäure zusetzen. Es ist

kein ganz reines Kernfärbungsmittel; die Kerne werden violett, das Zellprotoplasma nimmt aber in vielen Fällen eine rosenrote Färbung an, namentlich wenn feine Cochenille gebraucht wurde. Die mit Blutcochenille bereitete Lösung bleibt auf die Kerne besser lokalisiert.

Thiersch hat seit längerer Zeit eine alkoholische Boraxkarminlösung angegeben. Woodward hat eine solche mit nachfolgendem Ausziehen in salzsäurehaltigem Alkohol empfohlen. Seine Lösungen bestehen aus:

1. Lösung. Karmin 1,0, — Borax 3,5, — Wasser 150, — Alkohol 330 Teile.

2. Lösung: Salzsäure 1,0, — Alkohol 4,0.

Besser noch ist die neuere Formel nach Grenacher: In 100 kcm Wasser löst man 4 g Borax und — in der Wärme — noch 2 bis 3 g Karmin; die Lösung wird mit 100 kcm Alkohol verdünnt, filtriert, und nach wochenlangem Stehen vorsichtig abgegossen oder abermals filtriert. In diese Lösung bringt man ganze Gewebestücke, die in Alkohol waren, hinein, läßt sie je nach der Größe einige Stunden bis zu 3 und 4 Tagen liegen und bringt sie nun ohne vorheriges Abspülen direkt in angesäuerten Alkohol (4 bis 6 Tropfen Salzsäure auf 100 kcm 70%igen Alkohols), wo man sie einige Stunden und bis zu 2 oder 3 Tagen liegen läßt. Für die Färbung der Schnitte oder feinster Gewebefetzen bietet diese Methode keine Vorzüge. Wo es sich aber darum handelt, ganze Organe in toto zu färben, die man nachher in Schnitte zerlegt, leistet sie unersetzbare Dienste.

Grenacher's neutrales Boraxkarmin. In 100 kcm Wasser werden 1 bis 2 g Borax gelöst und mit 0,5 bis 0,75 g Karmin gekocht. Der filtrierten Lösung wird tropfenweise Essigsäure zugesetzt, bis die mehr violette Farbe derjenigen einer gewöhnlichen ammoniakalischen Karminlösung ähnlich sieht, und filtriert nochmals. In dieser Flüssigkeit nehmen die Schnitte nach $^1/_2$ bis 3 Minuten eine intensive diffuse Färbung an und kommen alsdann in 70%igen, mit etwas Salzsäure (1 Tropfen auf ein Uhrschälchen) versetzten Alkohol. Die Farbe wird von den Zellen ausgezogen und bleibt auf die Kerne beschränkt.

Das Lithionkarmin nach Orth besteht aus einer gesättigten Lösung von kohlensaurem Lithion, in welches man auf 100 Teile $2^1/_2$ Teile Karmin einträgt. Die Anwendungsweise, das Ausziehen mit salzsaurem Alkohol stimmen ganz mit dem oben genannten Grenacher'schen Verfahren überein und die Endresultate sind auch kaum von einander zu unterscheiden.

Das Bismarckbraun (Weigert) und das Vesuvin tingieren die Kerne ähnlich wie oben genannte Karminlösungen, aber in brauner Farbe. Vor anderen Anilinfarben besitzt diese den Vorzug, daß sie sich nicht so leicht wieder auswaschen läßt und nach bisherigen Erfahrungen beständig ist. Die Präparate lassen sich in Glycerin aufbewahren, was man von den anderen Anilinkernfärbungen nicht aussagen kann. Dieselbe eignet sich ganz besonders zur Herstellung von Präparaten, die man zu photographieren beabsichtigt.

Weigert empfiehlt eine in kochendem, destilliertem Wasser hergestellte gesättigte Lösung oder aber eine solche, die nur sehr wenig Alkohol enthält. Nach dem Erkalten muß die Flüssigkeit filtriert werden. Mit der Zeit setzt sie ab und verschimmelt leicht. Die Schnitte werden nach dem Färben mit absolutem Alkohol kurze

Zeit gewaschen. Ganze Stücke kann man vor dem Schneiden in einer alkoholischen Auflösung desselben Farbstoffes tingieren.

Das wasserlösliche Nigrosin (**Errera**, von Kahlbaum in Berlin bezogen) wird wie das vorige in starker wässeriger Auflösung gebraucht. Die Schnitte werden in Alkohol ausgewaschen und in Glycerin oder Balsam aufbewahrt.

Das Methylenblau (Ehrlich) läßt man in gesättigter wässeriger Auflösung beliebig lange ($^1/_2$—24 Stunden) auf das Präparat einwirken, spült dann ab und schließt in Canadabalsam ein. Obgleich nur für Bakterienpräparate empfohlen, bewährt sich diese Tinktion auch für Kernfärbungen überhaupt.

Das Hermann'sche Kernfärbungsverfahren, von Flemming wesentlich verbessert, besteht darin, daß man die Schnitte oder dünnen Präparate mit einer starken Auflösung mancher Anilinfarbstoffe überfärbt und hierauf mit absolutem Alkohol unter der Lupe auswäscht, bis keine größeren Farbwolken mehr entweichen. Mit Nelken- oder besser mit Terpentinöl schnell behandelt und in Canadabalsam eingeschlossen, zeigen in der Regel solche Präparate eine scharfe Färbung der Kerne und Kernstrukturen, während alles übrige vollkommen entfärbt ist. Durch die gleiche Methode werden die meisten Mikroorganismen vortrefflich gefärbt.

Zu solchem Zwecke nimmt man am besten in schwacher Chromsäure oder in Alkohol fixierte, aber nur kurze Zeit aufbewahrte Gewebe. Die konzentrierte alkoholische Auflösung des Farbstoffes wird im allgemeinen mit der halben Menge Wassers verdünnt und das Präparat 12 bis 25 Stunden darin belassen (Flemming). Man kann jedoch mit erwärmten Auflösungen, oder wenn man das Ganze im Brütofen bei 40° C. stehen läßt, weit schneller zum Ziele kommen.

Als Farbstoffe wurden besonders empfohlen:

1. Das Safranin, 2. das Magdalarot, 3. Orange, 4. Fuchsin, 5. das Solidgrün (haftet namentlich an den Nukleolen), 6. das Methylenviolett 5 B, 7. das Dahlia-, 8. das Gentianaviolett, 9. das Methylenblau.

Von der allergrößten Wichtigkeit ist die Qualität des absoluten Alkohols, mit welchem ausgewaschen wird; derselbe darf keine Spur Säure enthalten, weil sonst der Farbstoff auch aus den Kernen verschwindet. Da der käufliche absolute Alkohol meistens mit sauren Stoffen verunreinigt ist, so pflegen wir demselben etwas gebrannten Kalk zuzusetzen, um wenigstens ein neutrales Produkt zu erhalten.

Im allgemeinen lassen sich diese Präparate in Glycerin nicht aufbewahren. In Wasser halten sie sich lange genug, um eine kurze Untersuchung zu gestatten. Einigermaßen dauerhaft sind sie aber nur bei Dammar- oder Canadabalsameinschluß.

Einzelne Mikroorganismen setzen der Färbung hartnäckigen Widerstand entgegen, z. B. die Tuberkelbacillen. Es gelingt jedoch auch diese zu färben, wenn man anstatt der verdünnten alkoholischen Auflösung des Farbstoffes eine solche in leicht alkalischem Wasser gebraucht. Die schlechte Färbbarkeit gewisser Kernstrukturen und mancher Präparate können ebenso gut wie diejenige gewisser Bakterienspezies durch diese Tinktionsmethode überwunden werden. Es sind empfohlen worden:

Eine Auflösung des Fuchsins oder des Methylenvioletts in schwacher Kalilauge (R. Koch) oder in einer gesättigten wässerigen Solution des sogen. Anilinöles (Weigert). Die Anilinfarben werden dem alkalischen Wasser direkt zugefügt und

umgeschüttelt oder man setzt dem Wasser etwa 10% einer konzentrierten alkoholischen Lösung des Farbstoffes hinzu. Die zu diesem Zwecke am meisten beliebten Anilinfarben sind außer dem Fuchsin: das Methylenviolett 5 B und das Gentianaviolett. Diese Lösungen tingieren namentlich in der Brütofentemperatur in 2 bis 24 Stunden auch diejenigen Bacillen, welche der Färbung den hartnäckigsten Widerstand leisten (z. B. Tuberkelbacillen). Beim nachherigen Auswaschen mit Alkohol behalten alle Mikroorganismen sowie auch die Gewebskerne die Farbe bei. Will man das Gewebe und die meisten Bakterien entfärben, so muß man zu energischeren Mitteln greifen.

Die Entfärbungsmethoden von Ehrlich und Gram. Ehrlich behandelt die stark tingierten Präparate mit 30%iger Salpetersäure, bis die Farbe anscheinend verschwunden ist, wäscht in Wasser aus und stellt alsdann in Kaliumacetat oder in Balsam auf. Dabei behalten nur die Tuberkelbacillen die Tinktion. Dieselbe Entfärbung erhält Friedländer mit einer Mischung von 3 Teilen Salpetersäure und 100 Teilen Alkohol. C. Gram legt die stark gefärbten Präparate ohne oder nach einer leichten, 1 bis 3 Minuten dauernden Abspülung mit Alkohol in eine schwache Jod-Jodkaliumlösung von folgender Zusammensetzung:

Jodkalium 2,0 —, Wasser 300 —, Jod 1,0 Teile.

Es entsteht ein Niederschlag, die Farbe der Präparate wird verändert und nun legt man sie in absoluten Alkohol, den man erneuern kann, bis die Tinktion mit bloßem Auge unsichtbar geworden ist. An den mit Nelkenöl aufgehellten und in Balsam eingelegten Präparaten sind eine Anzahl Mikrophytenarten farblos geworden, andere dagegen scharf und dunkel tingiert. Auch in Glycerin oder Glycerinleim sind solche Präparate haltbar. Dabei erscheinen die Gewebe der höheren Tiere und sogar die Gewebskerne stets farblos. Dennoch dürften wol diese oder ähnliche Methoden mit verdünnteren Lösungen und kürzerer Einwirkungszeit auch in der mikroskopischen Anatomie Anwendung finden.

Die essigsauren Anilinfarbstofflösungen haben ähnlich wie das essigsaure Karmin die Eigenschaft, sich von vorne herein auf die Kerne zu beschränken. Zur momentanen Untersuchung frischer Gewebe sind diese Färbungen sehr wertvoll, indem man einfach am Rande des Präparates einen Tropfen der Flüssigkeit in passender Verdünnung zuzusetzen braucht, um in wenigen Minuten eine gut lokalisierte Tinktion zu erhalten. Leider sind solche Präparate durchaus vergänglich und am anderen Tage in der Regel gar nicht mehr zu gebrauchen.

Ehrlich bereitet eine Mischung bestehend aus:

Alcohol absol. 50 kcm — Wasser 100 kcm — Acid. acet. glac. 12½ kcm.

Zu dieser Mischung giebt er soviel des sogenannten Dahlia (Monophenylrosanilin) daß eine fast gesättigte Lösung entsteht. Die Präparate werden am besten in Alkohol (Chromsalze sind nicht zu verwenden) gehärtet und die Schnitte auf mindestens 12 Stunden in obige Lösung gelegt. Sie werden hierauf in Alkohol ausgewaschen, worin die Gewebe mit Ausnahme der Kerne und Plasmazellen sich schnell und leicht entfärben sollen. Ist dieses nicht der Fall, so liegt die Schuld an der Säuremenge, welche der Gewebsart nicht angepaßt ist. Für bindegewebige Teile genügen schon 8 kcm Essigsäure.

Strasburger löst eine geringe Menge des (schon von Frommann empfohlenen) Methylgrüns in mit 1% Essigsäure versetztem Wasser. Die verschiedenen Methylenviolettfarben, sowie auch Bismarckbraun (Mayzel, Weigert) lassen sich zu diesem Zwecke ebenfalls gebrauchen. Die Menge des gelösten Farbstoffes soll sich nach der Größe und Beschaffenheit des Präparates richten und zwar so, daß die Kerne den

bei weitem größten Teil des Farbstoffes aufnehmen können und sich dabei scharf tingieren. War die Lösung zu dunkel, so kann man 1% ige Essigsäure an einem Rande des Präparates zusetzen, am entgegengesetzten Rande die farbige Flüssigkeit absaugen, um hierdurch die Kernfärbung scharf hervortreten zu lassen.

Es dürfte wohl hier am Platze sein, einer eigentümlichen, von Grenacher zu stande gebrachten Kernfärbung zu gedenken. Den Querschnittspräparaten von Arthropodenaugen wird eine Spur Salzsäure am Rande zugefügt und das Ganze 12—24 Stunden lang sich selbst überlassen. Es tritt alsdann ein dunkelgefärbter Hof um das Präparat herum, das Pigment ist von jenen Stellen, wo es sich vorher befand, verschwunden, um sich ganz in den Kernen niederzuschlagen, wobei die anderen Gewebsteile nur unbedeutend daran partizipieren.

Das Wesen der Kernfärbung erscheint bei jetzigem Stande der Wissenschaft noch durchaus dunkel. Daß die Kernhülle oder bei Mikrophyten die äußere Membran der Entfärbung mechanische Hindernisse entgegensetzen können, ist kaum zu bezweifeln; dennoch scheinen solche anatomischen Verhältnisse den chemischen Eigenschaften der in Betracht kommenden organischen Substanzen gegenüber ganz zurückzutreten. Mich haben meine Versuche gelehrt, daß membranlose, in Eiweiß suspendierte Partikelchen verschiedener in chemischer Reinheit dargestellter Substanzen den Kernfärbungsmitteln gegenüber ein konstantes, wohl charakterisiertes Verhalten zeigen. Wird z. B. chemisch reines Nuklein (aus der Milch von Danilewsky hergestellt) in Eiweiß suspendiert und mit demselben in gewöhnlicher Weise fixiert und behandelt, so stellt sich heraus, daß dieser Körper, nach Alkohol- oder Pikrinsäurefixierung mit dem Grenacher'schen Boraxkarmin gefärbt und mit saurem Alkohol ausgewaschen, die Tinktion in weit höherem Maße zurückhält, wie die umgebende Eiweißmasse. Nach Chromsäurebehandlung ist dagegen der Unterschied in der Tinktionsfähigkeit zwischen Nuklein und Eiweiß verschwindend klein. Weit deutlicher zeigt das Lecithin die Eigenschaft, die Kernfärbung des Karmins an sich zu ziehen, wenigstens nach Pikrinsäure- oder Alkoholbehandlung. Hier erweist sich ebenfalls die Chromsäure als zu einer distinkten Färbung ungünstig. Es seien vorläufig nur diese wenigen Beispiele angeführt, um zu zeigen, wie verwickelt das Problem gegenwärtig erscheint. Es scheint nur soviel festgestellt, daß es sich bei distinkten Färbungen um chemische Vorgänge sehr verwickelter Natur handelt.

Es darf uns daher nicht wunder nehmen, wenn wir erfahren, daß in den Ehrlich'schen Mastzellen die Kerne keine basischen Anilinstoffe aufnehmen, die Körner des Zelleibes dagegen dieselben an sich ziehen und behalten. Unter den Zerfallsprodukten abgestorbener Zellen und auch im Eidotter der Insekten u. a. finden sich Körperchen, welche die sogenannte Kernfärbung in ausgeprägter Weise zeigen. Außerdem werden häufig schleimhaltige Gewebsteile und namentlich die Grundsubstanz des Knorpels durch Kernfärbungsmittel mehr oder weniger intensiv

gefärbt. Behandelt man die gefärbten Schnitte nachträglich mit schwach alkalischen Lösungen, so wird der Farbstoff aus den Kernen extrahiert, bleibt dagegen an der Knorpelsubstanz haften; es erinnert also dieses Verhalten an manche Bacillenarten.

Von großer theoretischer Tragweite dürfte die Thatsache sein, daß die Kernfärbung aus neutralen Farbstoffauflösungen stets diejenige Nüance aufweist, welche die betreffende Farbe beim Zusatz geringer Mengen eines basisch reagierenden Stoffes annimmt. So geht z. B. der rote Alaunkarmin in die Lilafarbe über, wenn die Lösung schwach alkalisch gemacht wird, das violette Böhmer'sche Hämoxylin wird blau, das rote Ribesin blaugrünlich, der rote Farbstoff des Rotkohles verwandelt sich in grün. Dem entsprechend sehen wir denn auch, daß in neutralen Auflösungen dieser Stoffe gefärbte Gewebskerne eine mit der letzteren übereinstimmende Tinktion aufweisen, also lila im Alaunkarmin, blau im Hämoxylin, hellblau im Ribesin, grün im Rotkohlfarbstoff. Der färbbare Teil des Zellenkerns verhält sich im allgemeinen dem an ihn gebundenen Farbstoffe gegenüber wie ein schwach alkalischer Körper.

Tinktionsmittel für Plasma und Interzellularsubstanz. Noch weniger als bei den Kernfärbungen sind uns die Ursachen der Tingierbarkeit der übrigen Gewebsbestandteile bekannt. Wir sind daher noch nicht im stande, in die hier zusammengeworfenen Farbstoffe eine rationelle Einteilung zu bringen. Als gemeinsamer Punkt für die meisten derselben läßt sich nur anführen, daß in diesen Farbmischungen der eigentlich färbende Bestandteil entweder neutral sich verhält, oder aber die Rolle einer Säure spielt. Es gehören hieher:

Der karminsaure Ammoniak (Hartig), ein gegenwärtig etwas vernachlässigtes Mittel, durch welches man die feinsten Färbungen in wundervoll zarten Nüancen erhält.

In ammoniakalischem Wasser (etwa 10 bis 25 Raumteile der starken Ammoniakflüssigkeit auf 100 T. Wasser) löst sich das Karmin mit Leichtigkeit auf und giebt eine tief purpurrote Flüssigkeit. Die färbenden Eigenschaften dieser Lösung hängen vor allen Dingen von deren neutraler Beschaffenheit ab; es soll dieselbe möglichst ammoniakarm sein, ohne jedoch soweit zu gehen, daß das Karmin pulverig ausfalle. Solange Ammoniak im Überschuß vorhanden ist, was sich durch den stechenden Geruch kund giebt, steht von der Tinktion kein brauchbares Resultat zu erwarten. Durch längeres Stehenbleiben in einem offenen Gefäße verliert sich dieser Ammoniaküberschuß. Schneller noch kommt man zum Ziele, wenn man die Lösung abkocht, bis keine kleineren Luftblasen mehr entstehen und die Oberfläche eine hellrote Nüance annimmt (Hoyer). Oder aber man neutralisiert dieselbe durch Essigsäurezusatz, bis ein geringer Niederschlag sich zu zeigen anfängt, und filtriert. Letztere Methode können wir jedoch nur wenig empfehlen.

Leider hält sich diese Lösung auf die Dauer nicht; es wuchert in derselben eine besondere Mikrophytenart, welche den größten Teil des Karmins zerstört und zum häufigen Abfiltrieren nötigt. Ist der Gährungsprozeß jedoch nach Wochen und Monaten vollendet, so hält sich die Lösung fernerhin und hat an ihrer färbenden Eigenschaft nur geringe Einbuße erlitten (Betz). Um dieser Spaltpilzentwicklung vorzubeugen, kann man der frischen Lösung etwa 10% Chloralhydrat als Antisepticum zusetzen (Hoyer, Francotte).

Man kann aber auch einen anderen Weg einschlagen, nämlich den karminsauren Ammoniak im trockenen Zustande erhalten und in Pulverform aufbewahren. Zu diesem Zwecke läßt Ranvier die ammoniakalische Lösung in einem flachen Gefäße an der Luft stehen, bis sie vergährt und vollständig eingetrocknet ist. Von dem festen Rückstand, welcher größtenteils ohne Ammoniakzusatz in Wasser sich auflöst, nimmt man jedesmal nur das nötige Quantum, um die gewünschte Lösung herzustellen. Hoyer setzt der frisch bereiteten Lösung etwa die 4 bis 6fache Menge Alkohol hinzu, wobei der karminsaure Ammoniak zum größten Teile ausfällt. Man sammelt den Niederschlag auf dem Filter, läßt ihn eintrocknen und kann nun das pulverige Salz längere Zeit trocken aufbewahren und in derselben Weise gebrauchen, wie das Ranvier'sche Präparat. Mit Ammoniakkarmin gefärbte Schnitte, die man mit schwach ammoniakalischem Wasser auswäscht, geben zuweilen sehr schöne Tinktionen. Ganze Keimhäute des Hühnchens z. B. liefern bei solcher Behandlung reizende Bilder.

Das Beale'sche Karmin besteht nach Frey aus Karmin 0,6 g, starker Ammoniakflüssigkeit 2 g, gutem Glycerin 60 g, dest. Wasser 60 g, Alkohol 15 g. Diese Lösung ist haltbar und eignet sich zur Nachbehandlung nach dem Fixieren mit Osmiumsäure recht gut, hat aber den Nachteil, daß sie äußerst langsam färbt und daß nach Wochen die Tinktion durch reines Glycerin noch vollständig ausgezogen wird. Ebenso brauchbar und schneller färbend haben wir das Grenacher'sche neutrale Boraxkarmin gefunden, das wir mit etwa $^1/_3$ oder $^1/_4$ seines Volumens mit Glycerin versetzten.

Karmin- und oxalsaure Ammoniaklösung. Eine etwas mehr orangerote Färbung erhält man mit folgender von Schultze empfohlenen Lösung, deren Formel wir aus Bachmann entnehmen.

Man löst 1 Teil Karmin in 1 Teil Ammoniak und 3 Teilen dest. Wasser auf. Von dieser Lösung mischt man 1 Raumteil mit 8 Raumteilen einer Oxalsäurelösung, welche man aus 1 Teil krystallisierter Oxalsäure und 22 Teilen Wasser bereitet hat, fügt 12 Raumteile absoluten Alkohol hinzu und filtriert. Das Filtrat kann nach Belieben durch Zusatz von Oxalsäure dem Orangerot, durch Zusatz von Ammoniak dem Violett genähert werden, und beide Nüancen dienen gleich gut zur Tinktion. Zur Verdünnung dient schwacher Alkohol; etwaige Krystalle von oxalsaurem Ammoniak werden durch Filtrieren entfernt oder durch Zusatz von Ammoniak wieder aufgelöst. Man wäscht mit alkoholischen Lösungen der Oxal- oder Borsäure aus.

Das lilafarbige Boraxkarmin wird nach Thiersch erhalten, wenn man 1 Teil Karmin und 4 Teile Borax in 56 Teilen Wasser auflöst und einen Raumteil dieser Lösung mit 2 Raumteilen absoluten Alkohols verdünnt und filtriert. Die Lösung färbt sehr langsam.

Die Cochenilletinktur wurde von P. Mayer zur Färbung schwer durchdringlicher Teile, z. B. ganzer Arthropoden empfohlen. Die Tinktion ist übrigens ähnlich der mit karminsaurem Ammoniak, aber weniger intensiv, und bietet außer der angegebenen durchdringenden Fähigkeit weiter keinerlei Vorteile vor derselben.

Diese Tinktur besteht aus:

1 Raumteil gewöhnlicher grob zerkleinerter Cochenille mit 8 bis 10 Raumteilen 70%igen Alkohols, mehrere Tage lang digeriert und dann abfiltriert. Das Objekt muß vorher mit Alkohol behandelt worden sein und bleibt in einer reichlichen Menge der Tinktur kürzere oder längere Zeit liegen. Man extrahiert mit 70%igem Alkohol, den man nötigenfalls mehrere Male wechselt. Überfärbte Präparate kann man mit schwach angesäuertem Alkohol behandeln. Carrière hat diese Tinktur bei Schnecken als Reagens auf Schleimdrüsen und Becherzellen empfohlen.

Die neutralen oder ammoniakalischen Karminlösungen besitzen die Eigentümlichkeit, daß sie außer dem Protoplasma auch noch die Kerne und zwar meistens in etwas verschiedener Nüance färben. Je neutraler die Solution ist, desto mehr kommt diese gleichzeitige Kernfärbung zur Geltung. In geringerem Grade findet sich diese Nebenwirkung auch noch beim Chinolinblau (Ranvier) und beim alkohollöslichen Nigrosin (Sankey).

Vom **Chinolinblau** oder Cyanin bereitet sich Ranvier eine Lösung in schwachem, 36% igem Alkohol und legt die stark gefärbten Präparate in Glycerin ein. Die Kerne zeigen sich anfangs violett-bläulich, die Nerven graublau. Allmählich schwindet jedoch die Farbe aus den Kernen, während das Protoplasma die blaue Nüance beibehält; am dunkelsten färbt sich das Fett.

Das Eosin (Fischer) kommt im Handel als eosinsaures Kali vor. Aus der gesättigten Auflösung des Salzes wird die reine Eosinsäure durch Säurezusatz gefällt. Wird dieses Präzipitat auf dem Filter gesammelt und in starkem Alkohol gelöst, so erhält man eine Solution der freien Eosinsäure. Das eosinsaure Kali wird dagegen in 5 bis 10% igen wässerigen Auflösungen gebraucht, von denen man der Flüssigkeit, worin das Präparat schwimmt, einige Tropfen zusetzt. Die Tinktion mit dem Salze oder mit der freien Säure bietet nur geringe Unterschiede, daher die Salzlösung als die bequemere von beiden den Vorzug verdient.

Renaut hat die Eosinfärbung eingehend studiert und gezeigt, daß mit Ausnahme der Bindegewebskerne alle übrigen Kerne die Farbe nicht anziehen. Dagegen werden die elastischen Fasern, das Fett und die Muskelsubstanz auffallend gefärbt. Der Farbstoff wird allerdings nur zu leicht aus den Geweben durch das Auswaschen extrahiert; es empfiehlt sich aus diesem Grunde, der Lösung etwa 1 bis 2% Alaun zuzusetzen, wodurch die Tinktion etwas resistenter wird. Sehr schöne, wohl differenzierte Färbungen erhält man, wenn nach Renaut's Vorgang die Präparate in eosin- und alaunhaltigem Glycerin aufgestellt werden; nach Wochen hat sich die Farbe auf bestimmte Gewebeteile zurückgezogen. Auf das Hämoglobin bildet unser Farbstoff ein wertvolles Reagens, wie es Wisotzky zuerst nachwies; rote Blutkörperchen nehmen darin eine kupferrote Farbe an, welche gegen die rosarote Nüance der übrigen Gewebe absticht.

Das Purpurin (Ranvier) besitzt ein ziemlich verschiedenartiges Tinktionsvermögen je nach Umständen, über welche wir noch nicht ins Klare gekommen sind. Es sind zwei Lösungen dieses Farbstoffes empfohlen worden.

Ranvier nimmt eine heiße, $1/2$% ige wässerige Alaunlösung und wirft ein Stückchen Purpurin hinein. Die gefärbte Flüssigkeit wird vom Rückstande abfiltriert und auf 4 Raumteile des Filtrates ein Raumteil 36% igen Alkohols zugesetzt.

Grenacher läßt 1 bis 3 Teile Alaun in ca. 50 kcm Glycerin auflösen und setzt eine Messerspitze Purpurin hinzu. Nach mehrtägigem Stehen und Filtrieren ist die Flüssigkeit brauchbar. Tingierte Präparate müssen wegen ihrer großen Empfind-

lichkeit gegen Alkalien in Canadabalsam oder angesäuertem Glycerin aufbewahrt werden.

Die Orseille hat Wedl in die mikroskopische Technik eingeführt. Man benutzt dieselbe jedoch fast nur zur Doppeltinktion mit blauen oder violetten Farbstoffen.

Den käuflichen Extrakt läßt man einige Tage an der Luft verweilen, um den Ammoniak verdunsten zu lassen. 20 kcm abs. Alkohol, 5 kcm Eisessig und 40 kcm dest. Wasser werden vermischt und dem Gemenge so viel des flüssigen Extraktes zugesetzt, daß eine tiefrote Lösung entsteht, die man zu filtrieren hat. Die Schnitte verbleiben etwa 1 Stunde in derselben und werden mit Alkohol abgespült, ehe man zur zweiten Färbung schreitet.

Das Jodgrün (Gibbes, Richardson und Stirling) wird nach Griesbach zu 0,1 g in 35 kcm destilliertem Wasser gelöst. Man wäscht mit Wasser aus und überträgt in Glycerin oder behandelt die Schnitte mit Alkohol zur Aufstellung in Canadabalsam. Die Farbe haftet verhältnismäßig gut; einzelne Gewebearten zeigen mehr die Kernfärbung, andere nicht.

Der Farbstoff des Rotkohls (Tait, M. Flesch) färbt gleichzeitig die Kerne grün, das Protoplasma rot. Die Präparate sind nicht haltbar. Alkalien bringen die grüne, Säuren die rote Farbe dieses Stoffes hervor.

Man gewinnt denselben aus der eingedickten wässerigen Abkochung des Rotkohls durch Niederschlagen mit Bleiessig, Abfiltrieren, Behandlung des Filtrates mit einer Säure, Neutralisieren, Ausfällen des Bleies durch Schwefelwasserstoff und schließliches Eindampfen. Der Farbstoff ist in Wasser und Alkohol löslich.

Das Methylgrün (Calberla), das Jodviolett, das Bengal-Rosa (Griesbach), das Bleu de Lyon und manche andere Anilinfarben sind in wässerigen Lösungen zur Färbung, namentlich der fettartigen, plasmatischen und Interzellularsubstanzen vorgeschlagen worden und können unter Umständen sich nützlich erweisen. Das Methylenviolett wird als Reagens auf die Amyloidsubstanz, welche dasselbe in rosarotem Tone färbt, vielfach empfohlen. Dieselbe Farbereaktion erhält man mit dem Methylgrün (Curschmann), weil dasselbe aus dem violetten Farbstoffe dargestellt wird und stets eine bedeutende Beimengung desselben enthält. Ebenso gut wie das Methylenviolett ist auch das Gentianaviolett zu gebrauchen. Die zum Nachweis der Amyloidsubstanz in verdünnten Tinktionen gefärbten Präparate dürfen nicht mit Alkohol ausgewaschen werden, da dieser die rote Färbung des Amyloids sofort auszieht, sondern mit angesäuertem Wasser, z. B. 1% iger Ameisen- oder Essigsäure; zum Aufstellen dient Glycerin.

Die Pikrinsäure färbt diffus und gleichmäßig gelb und wird durch Wasser, Alkohol, Glycerin ziemlich vollständig wieder extrahiert. Diese sowie einige diffus färbende Anilinfarben benutzt man zu Doppeltinktionen.

Färbung der Nervenfasern. — Eine eigentümliche Stellung nehmen einige Tinktionsmethoden ein, welche hauptsächlich oder ausschließlich auf die mit Kaliumbichromat oder dessen Mischungen (Müller's und Erlicki's Lösungen) gehärtete Nervenfasern sich anwenden lassen. Es gehören hieher:

Die Weigert'sche Methode mit Säurefuchsin ist nur zum Nachweis der Nervenfasern im Zentralnervensystem der höheren Wirbeltiere empfohlen. Das Präparat darf nach der Härtung mit Kaliumbichromat nicht mit Alkohol behandelt werden. Ist dies jedoch geschehen, so kann man die Färbung doch noch zu stande bringen, indem man die Schnitte vor dem Einlegen in die Tinktion mit Salpetersäure und Wasser

5 : 100 behandelt; die Färbung ist aber in diesem Falle nicht haltbar. Die Formel für die Färbungsflüssigkeit lautet:

Man bereitet 1. eine gesättigte wässerige Lösung von Säurefuchsin (Rosanilinsaures Natron); 2. eine alkoholische Ätzkalilösung: 1 g Kal. caust. fusum, 100 kcm Alcohol absol. — Diese Lösung wird 24 Stunden stehen gelassen, bis der Alkohol gesättigt ist, man gießt sie dann ab und vermischt sie mit dem 10 fachen Volumen reinen Alkohols. Die Schnitte sollen dünn sein; nach kurzem oberflächlichen Abspülen kommen sie auf 1 Stunde in die Fuchsinlösung, hierauf in Wasser zum Abspülen und nun in die alkoholische Kalilösung. Man muß den Zeitpunkt abpassen, wenn die graue Substanz von der weißen verschieden gefärbt aussieht, um die Schnitte sofort in eine große Schale mit reinem Wasser zu übertragen, welches man ein Mal wechselt. Es kommen dieselben schließlich in absoluten Alkohol, Nelkenöl oder Xylol und Canadabalsam. Ein Nachfärben der Kerne mit Böhmer'schem Hämatoxylin ist statthaft.

Die Weigert'sche Hämoxylin-Nervenfärbung ist noch viel schöner, sicherer und leichter ausführbar als die vorige und hat sie auch aus der Technik mehr oder weniger verdrängt.

Die Teile des Zentralnervensystems müssen in Müller's oder Erlicky's Lösung gehärtet und aus dieser direkt in Alkohol ohne vorherige Auswässerung übertragen werden. Die Schnitte dürfen vor der Färbung gar nicht in Wasser kommen. Etwaige Niederschläge von Kaliumbichromat bringt man durch das Einlegen in Müller'sche Flüssigkeit weg. Grün gewordene Organe muß man wieder in genannte Flüssigkeit einlegen, bis die braune Farbe nochmals zum Vorschein kommt. Die Schnitte (wohl am besten durch Celloïdineinbettung gewonnen) bringt man in folgende Lösung:

Hämatoxylin 1 — Alkohol 10 — Wasser 90 Teile,

welche man vor dem Gebrauch einige Tage stehen läßt. Die zugedeckte Färbeschale wird im Brütofen bei etwa 40° C. ein paar Stunden oder auch länger gelassen. Die schwarz gewordenen Schnitte werden nun mit Wasser abgespült und alle zugleich in die folgende jüngst erfundene Flüssigkeit gebracht:

Borax 2 — Ferridcyankalium (rotes Blutlaugensalz) $2^1/_2$ — Wasser 100 T.

Nach einer halben bis ganzen Stunde oder sogar noch längerer Zeit zeigt sich die graue Substanz deutlich gelblich, während die weiße noch schwarz erscheint. Man spült mit Wasser ab, behandelt mit absolutem Alkohol, Xylol und stellt in Balsam auf. Eine Nachfärbung mit Alaunkarmin ist statthaft.

Die Henle- und Merkel'sche Nervenfärbung besteht in der successiven Einwirkung des Chlorpalladiums und des karminsauren Ammoniaks auf Querschnitte des Nervensystems.

In einer wässerigen Chlorpalladiumlösung von $^1/_2{}^0/_{00}$ bleibt der Schnitt etwa 10 Minuten lang liegen, bis er deutlich strohgelb erscheint. In die ammoniakalische Karminlösung übertragen, färbt sich das Gewebe intensiv rot, wird in Wasser gut ausgewaschen und mit Alkohol, Nelkenöl und Balsam behandelt. Die hierbei etwas störende Färbung der Neuroglia kann man nach Ranvier durch 5—10 stündiges Einlegen in eine Mischung von Ameisensäure 1, Alkohol 2 Teile, größtenteils beseitigen.

Das Indigkarmin und das Nigrosin können unter Umständen ähnliche, aber minder schöne Färbungen liefern.

Eine alkoholische tiefblaue Lösung des indigschwefelsauren Natrons färbt etwas diffus, haftet aber namentlich an den Amyloid- und Myelinsubstanzen. Man verwendet auch eine wässerige Lösung, bestehend aus:

Indigkarmin 1 Teil — Borax 1 T. — Wasser 16 Teile (Norris und Shakespeare),

oder eine oxalsaure: 1 Teil Oxalsäure, 30 Teile Wasser und Indigkarmin bis zur Sättigung (Thiersch).

Die alkoholische Solution des Anilinschwarz kann nach Sankey zur Färbung der Rückenmarksquerschnitte dienen. Die Schnitte bleiben 12 Stunden in der Tinktion und werden mit Wasser ausgewaschen.

Die Doppel- und Dreifachfärbungen werden entweder durch successive Behandlung mit den verschiedenen in Betracht kommenden Lösungen, welche entgegengesetzte Eigenschaften besitzen sollen, ohne sich gegenseitig zu zerstören, hervorgebracht; oder aber es kommen Mischungen zur Verwendung, deren Bestandteile nicht bloß verschiedene Farben, sondern auch verschiedene Wahlvermögen haben sollen. Letztere Kategorie besitzt unstreitig eine größere praktische Wichtigkeit, während das successive Färbungsverfahren in der wissenschaftlichen Forschung nur selten seine Anwendung findet. Es haben sich einige Farbmischungen als besonders nutzbringend in der mikroskopischen Technik einen hervorragenden Platz errungen.

Der pikrokarminsaure Ammoniak (Ranvier) vermag, wenn er gut ist ganz ausgezeichnete Dienste zu leisten. Leider ist die Darstellung desselben äußerst unsicher, wie schon aus der großen Anzahl der vorgeschlagenen Formeln zu ersehen ist. Es lassen sich nämlich zwei Bestandteile desselben — das Karmin und der Ammoniak — weder abwägen noch abmessen. Aus diesem Grunde verdienen alle diejenigen Formeln, welche sich einzig und allein nach den Gewichtsverhältnissen der Bestandtheile richten, keine weitere Beachtung. Da man aber andrerseits die saure resp. alkalinische Beschaffenheit der Mischung durch gewöhnliche Mittel nicht zur Wahrnehmung bringen kann, so ist man genötigt, bei der Herstellung zu besonderen Kunstgriffen Zuflucht zu nehmen. Eine gute Pikrokarminlösung soll schnell färben, die Kerne sollen eine schön rote Farbe annehmen, das Protoplasma im allgemeinen mehr orangerot erscheinen und Interzellularsubstanzen in der Regel eine ziemlich reine citronengelbe Tinktion aufweisen. Mit Pikrokarmin gefärbte Teile dürfen nicht zu lange im Wasser ausgewaschen werden, weil sonst die pikrinsaure Färbung verloren geht. Die Farbe ist sowohl in Harzen wie in Glycerin unbedingt haltbar, nur muß das Glycerin in keinem Falle alkalisch reagieren, sondern vielmehr mit etwas Ameisen- oder Essigsäure versetzt sein.

Ranvier nimmt eine gesättigte Pikrinsäurelösung und gießt in dieselbe eine starke ammoniakalische Karminlösung, bis eine Trübung entsteht. Die Mischung wird auf $^1/_5$ des ursprünglichen Volumens eingedampft, wobei ein Sediment entsteht, welches man abfiltriert. Die Lösung wird nun bis zur Trockene eingedampft und das rötliche Pulver vor dem jedesmaligen Gebrauch in etwa 100 Teilen Wasser gelöst. Ist das Resultat noch nicht befriedigend, so löst man das Pulver in möglichst wenig Wasser auf, filtriert und dampft nochmals ein.

Oder aber man läßt die ursprüngliche Lösung in einer offenen Schale in freier Luft eintrocknen, dissolviert dieselbe in wenig Wasser, filtriert und setzt dem Filtrat etwas Karbolsäure hinzu, um die Gährung zu verhindern.

Gage verfährt ebenso wie Ranvier, nur giebt er zur Darstellung der ersten Lösung folgende Formel an: Man nimmt gleiche Gewichtsteile Karmin und Pikrinsäure, löst das Karmin in der 50fachen Gewichtsmenge starken Ammoniaks, die Pikrinsäure in der 100fachen Gewichtsmenge Wasser und gießt beide Lösungen zusammen.

Hoyer löst das Karminpulver in einer Solution des krystallisierten pikrinsauren Ammoniaks. Der pikrokarminsaure Ammoniak ist krystallisierbar und kommt als solcher im Handel vor. Ob diese Krystalle chemisch unrein sind, weiß ich nicht; soviel steht jedoch fest, daß die Lösung derselben keine guten Resultate liefert.

Weigert übergießt 2 g Karmin mit 4 g gewöhnlicher Ammoniakflüssigkeit, läßt es 24 Stunden an einem feuchten Orte stehen und gießt 200 g einer konzentrierten Pikrinsäure hinzu; das Ganze bleibt wieder 24 Stunden stehen, bis alles, was überhaupt löslich ist, sich gelöst hat. Der abfiltrierten Flüssigkeit setzt er geringe Mengen Essigsäure hinzu, bis der erste ganz schwache Niederschlag auch nach dem Umrühren bestehen bleibt. Nach 24 Stunden ist ein stärkerer Niederschlag eingetreten und die Flüssigkeit bleibt auch nach dem Filtrieren trübe. Jetzt wird Ammoniak tropfenweise zugegeben und es bleibt die Lösung jedesmal 24 Stunden stehen, bis sie endlich im Verlauf eines Tages ganz klar geworden ist. Färbt die so erhaltene neutrale Lösung zu gelb, so fügt man Essigsäure zu, überfärbt sie schnell in roten Ton, so wird dieser Fehler durch eine kleine Menge Ammoniak beseitigt.

Wir befolgen in der Regel die Ranvier'sche Vorschrift, dampfen jedoch nur ein Mal ein. Giebt das Pulver keine neutrale Auflösung, so setzen wir derselben etwas kohlensauren Ammoniak hinzu und erwärmen mäßig das Ganze im offenen Gefäße. Es entweicht entweder Ammoniak oder Kohlensäure und die neutrale Beschaffenheit der Flüssigkeit wird sofort hergestellt.

Das pikrokarminsaure Lithion wird nach Orth folgendermaßen hergestellt: 1 Teil einer 2,5%igen Lithionkarminlösung wird mit 2 bis 3 Teilen kaltgesättigter wässeriger Pikrinsäure vermischt. Wiegt die eine Farbe in der Tinktion zu sehr vor, so setzt man etwas von der anderen Lösung hinzu. Den pikrokarminsauren Borax haben wir schon seit längerer Zeit dadurch hergestellt, daß die oben genannte (S. 185) Grenacher'sche Boraxkarminlösung mit Pikrinsäure anstatt der Essigsäure neutralisiert wird. Beide Lösungen halten wir für brauchbar. Daß sie aber das nämliche leisten wie der pikrokarminsaure Ammoniak, möchten wir mit Entschiedenheit in Abrede stellen.

Man hat ferner die Pikrinsäure mit mehr oder weniger Glück mit folgenden kernfärbenden Substanzen verbunden:

Pikrinsäure und Nigrosin verbindet Pfitzner, indem er der konzentrierten Lösung der Säure in Wasser etwas Nigrosin zusetzt; man wäscht mit Wasser oder Spiritus aus. Eine doppeltfärbende alkoholische Auflösung erhält man, wenn Pikrinsäurekrystalle und etwas Nigrosin zusammen mit Alkohol übergossen werden.

Pikrokarminsauren Ammoniak und Hämoxylin hat Stirling miteinander vermengt und zur Tinktion der Haut und der Knochen benutzt. Richardson bringt das Pikrokarmin mit Malachitgrün in verschiedene Verhältnisse mit oder ohne Jodgrün zusammen. Auch mit dem Krappfarbstoff hat er die rotgelbe Färbung kombiniert.

Die Eosin-Hämoxylinlösungen (Renaut) haben sich in der Praxis ebenfalls gut bewährt. Nach der mir gütigst vom Verfasser selbst neulich aufgeschriebenen Formel wird die Tinktionsflüssigkeit folgendermaßen bereitet:

konzentrierte wässerige Eosinlösung (Eosinsaures Kali) . . . 30 kc
abgestandene gesättigte Auflösung von Hæmoxylin in Alkohol . 40 kc
mit Kalialaun gesättigtes Glycerin (von etwa 1,26 spez. Gewicht) 130 kc

Die Mischung bleibt 5 bis 6 Wochen in einem mit durchlöcherten Papiere bedeckten Gefässe stehen bis der Alkohol verdunstet ist und wird nun abfiltriert. Zum Aufstellen dient die gleiche Mischung, die man mit 1 bis 2 Teilen reinen Glycerins vermischt. Am besten kann man sich mehrere Mischungen in verschiedener Stärke und Proportion herstellen, unter denen man durch Erfahrung bald in jedem gegebenen Falle die richtige Wahl zu treffen lernt. Die Färbung erfolgt langsam und läßt sich anfangs wieder ausziehen. Nach einigen Tagen oder Wochen ist die Lokalisierung der verschiedenen Nüancen vollendet. Für den Balsameinschluss wird in eosinhaltigem Alkohol entwässert. Wie beim Pikrokarmin haben hier die beiden Bestandteile ziemlich entgegengesetzte Affinitäten.

Eosin und Ribesin. Noch viel schöner als mit dem violetten Hämoxylin erscheint die hellrote Farbe des Eosins neben der hellblauen Kernfärbung unseres Ribesins. Man braucht nur der oben angegebenen (S. 183) wässerigen alaunhaltigen Lösung des letztgenannten Farbstoffes etwas Eosin zuzusetzen oder aber, man gebraucht beide Tinktionen nacheinander. Die abfiltrierte Lösung soll kirschrot erscheinen. Die Schnitte müssen mit eosinhaltigem Alkohol und eosinhaltigem Nelkenöl nachbehandelt werden, damit der rote Farbstoff nicht ausgezogen werde. Der blaue haftet an den Kernen unbedingt fest. Wir ziehen diese neue Doppeltinktion der Renaut'schen in mancher Beziehung vor.

Karmin und Indigo wurden von Norris und Shakespeare zur gleichzeitigen Doppelfärbung namentlich von Ossifikationsstellen oder blutreichen Organen in folgender Form empfohlen:

Man stellt sich folgende Lösungen dar:

a) Karmin 2 Teile — Borax 8 T. — Wasser 130 T.
b) Indigkarmin 8 - — Borax 8 - — Wasser 130 -

Die beiden Lösungen werden filtriert und zu gleichen Teilen vermengt. Die Schnitte bleiben etwa 20 Min. in dieser Farbflotte und werden mit schwacher Oxalsäurelösung extrahiert.

Eosin und Methylgrün nach Calberla geben unter Umständen durch simultane Einwirkung recht prägnante Bilder:

1 Teil Eosin (das Kalisalz) und 60 Teile Methylgrün werden in 30% igem warmen Alkohol gelöst. Die Schnitte bleiben etwa 10 Minuten in obiger Lösung liegen, werden in schwachem Alkohol ausgewaschen, in Nelkenöl aufgehellt und in Canadabalsam eingelegt. Die Bilder fallen sehr ungleichmäßig aus wegen der Leichtigkeit, mit welcher das Methylgrün ganz ausgezogen wird.

Ryder vermischt die gesättigten alkoholischen Auflösungen des Safranins und des Methylgrüns zu gleichen Teilen miteinander und gießt der Mischung das 8fache Volumen Wasser hinzu. Die Schnitte werden mit Alkohol ausgewaschen.

Gibbes reibt zusammen in einem Mörser:

Salzsaures Rosanilin 3 g, Methylenblau 1 g.

Andrerseits werden 3 kcm Anilinöl in 15 kcm starken Alkohol gelöst und in das vermengte Pulver eingetragen. Ist die Lösung erfolgt, so gießt man noch 15 kcm Wasser hinzu. Die Schnitte müssen mehrere Stunden lang in der kalten Lösung

verbleiben und werden mit Alkohol ausgewaschen. Trockene Bakterienpräparate läßt man dagegen auf der heißen Lösung nur etwa 5 Minuten schwimmen, wäscht mit etwas verdünntem Alkohol aus und legt trocken in Canadabalsam ein. Durch dieses Verfahren nehmen Tuberkelbacillen ohne Anwendung der Salzsäure eine distinkte Färbung an.

Die successiven Mehrfachfärbungen beruhen in der Regel auf der Tatsache, daß die beständigen Tinktionen ohne zu leiden eine Nachbehandlung mit leichter ausziehbaren Farben gestatten. Die Metallimprägnationspräparate lassen eine Färbung mit Karmin oder Hämoxylin zu; Karmin- oder Hämoxylinpräparate können mit Anilinfarben nachbehandelt werden. Es ließen sich diese Kombinationen fast ins Unendliche vermehren, eine Aufzählung derselben hat nur geringen Nutzen, da es jedem Arbeiter ein leichtes sein muß nach den oben angeführten Eigenschaften der Farbstoffe den besten Weg zu wählen, um seine Zwecke in jedem einzelnen Falle zu erreichen. Aus diesem Grunde soll nur der gebräuchlichsten Verfahren eine kurze Erwähnung geschehen.

Unter den Metallimprägnationen sind es wohl die Osmiumpräparate, die man am häufigsten nachzufärben hat. Es eignet sich zu diesem Zwecke ganz besonders das Hämoxylin (Böhmer'sche Lösung). Außerdem verdient das oxalsaure Karmin nach Thiersch eine Empfehlung. Die anderen Tinktionen müssen in größerer Konzentration und längere Zeit am besten im Wärmekasten einwirken, weil die Tingierbarkeit der Gewebe durch das Osmium entschieden herabgesetzt wird. Goldpräparate bedürfen keiner Nachfärbung und es eignet sich deren Farbe auch nicht dazu; es sei höchstens, daß man mit Jod- oder Methylgrün den Versuch machen wolle. Silberpräparate dagegen lassen sich sehr schön mit Kernfärbungsmitteln behandeln, z. B. mit Karmin oder Hämoxylin. Recht beliebt ist das Aufstellen derselben in Glycerin, dem man etwas Pikrokarmin oder Eosin-Hämoxylin zugesetzt hat.

Karminkernfärbungen kann man mit Pikrinsäure nachfärben. Wir setzen zu diesem Zwecke dem salzsauren Alkohol, worin die Präparate nach der Boraxkarminbehandlung ausgewaschen werden, etwas Pikrinsäure hinzu (2—3 Tropfen der konzentrierten wässerigen Auflösung auf ein Uhrschälchen sauren Alkohols). Das Resultat ist schärfer, aber weniger fein abgestuft als bei der direkten Behandlung mit pikrokarminsaurem Ammoniak. Auch Hämoxylinpräparate hat man hinterher mit Pikrinsäure tingiert (Gerlach); das Hämoxylin verblaßt jedoch schnell bei Gegenwart der Säure, wie es ja leicht vorauszusehen war. Etwas haltbarer, aber unserer Ansicht nach unschön und nicht sehr distinkt sind die mit Pikrokarmin zuerst und nachher mit Hämoxylin behandelten Präparate (Stirling, Gibbes). Außerdem hat Stirling das Jodgrün zur Nachfärbung von Pikrokarmin- und von Hämoxylinpräparaten empfohlen.

Das Eosin hat Lang mit dem Pikrokarmin verbunden, Stirling mit dem Jodgrün. Wissozky hat Eosin und Hämoxylin nacheinander einwirken lassen; andere wiederum gebrauchen nach dem Eosin verschiedene blaue und violette Anilinfarben. Mit Anilinfarben sind allerhand Mischungen versucht worden, wie es scheint meistens nicht mit besonders günstigem Erfolg. So steht Griesbach für eine Dreifachfärbung mit Bengalrosa, Jodgrün und Bleu de Lyon ein, Johne für die Doppelfärbung mit Gentianaviolett und Eosin, Gibbes für das Rosein und Anilinblau oder das Anilinviolett und Jodgrün, wobei erstere Farbmischung in alkoholischer, die zweite in wässeriger Lösung zur Anwendung kommt.

Wichtiger sind diejenigen Farben, die sich gegenseitig aus bestimmten Elementen zu verdrängen vermögen.

Subbotin empfiehlt, Trockenpräparate von Bakterien zunächst mit Osmiumsäuredämpfen oder Chromsäure zu fixieren und nach dem Abspülen mit Wasser in eine wässerige Auflösung des Methylgrüns zu 1 % etwa 2 Stunden lang einzulegen. Man wäscht mit leicht angesäuertem und nachher mit reinem Wasser aus, behandelt das Präparat mit pikrokarminsaurem Ammoniak, wäscht wieder, trocknet ein und stellt in Canadabalsam auf. Bakterien erscheinen grün, sonstige Gewebe rot gefärbt.

R. Koch färbt die Deckgläschenpräparate zuerst mit Methylenblau und nachher mit Vesuvin. Die meisten Schizomyceten nehmen die braune Farbe an, während Tuberkelbacillen die blaue beibehalten.

Färbungen intra vitam. Es sei hier zum Schlusse derjenigen Verfahren Erwähnung gethan, welche eine Färbung lebender Zellen und Gewebe bezwecken.

Bizzozero bereitet eine 0,75 %ige Kochsalzlösung und setzt einen Teil konzentrierter wässeriger Methylviolettlösung auf 5000 Teile dieser Flüssigkeit oder 1 Teil der gesättigten Gentianaviolettsolution auf 3000 Teile der Kochsalzlösung. Dem frischen noch lebenden Blute zugesetzt, haften diese Farbstoffe an den Blutplättchen und bringen dieselben zur leichten Wahrnehmung.

S. Mayer löst 1 g Methylviolett (var. B. von Bindschedler & Busch) in 300 kcm einer $^1/_2$ %igen Kochsalzlösung. Frische oder lebende Wirbeltiergewebe, direkt in diese Flüssigkeit gebracht, färben sich binnen 10 Sekunden bis 1 Minute intensiv und werden eventuell mit reiner Kochsalzlösung ausgewaschen. Gefäßanlagen, glatte Muskelfasern und Nerven erscheinen mit größter Deutlichkeit. Die Untersuchung soll sofort erfolgen, da solche Präparate nicht konserviert werden können. Das Gentianaviolett ist ebenfalls zu gebrauchen, färbt aber etwas weniger intensiv.

Certes läßt Infusorien in einer $^1/_{100\,000}$ bis $^1/_{500\,000}$ starken Auflösung von Chinolinblau in Brunnenwasser schwimmen. Nach mehreren Stunden erscheinen die Fettpartikelchen des Protoplasma schwach gefärbt, die Kerne aber nicht. Mit Violett 5 B N und mit Gentiana wurden die Wimpern und Vakuolen tingiert. Eine Kerntinktion ergeben einzig das Violett 5 B und das Dahlia. Es sind diese Färbungen übrigens so schwach, daß man sie nur bei gut regulierter Beleuchtung deutlich wahrnimmt.

K. Brandt gelang es, mit verdünnten wässerigen Lösungen des Hämoxylins die Kerne und kernsubstanzartige Bestandteile intra vitam zu färben. Mit Bismarckbraun (1 : 3000 oder 1 : 5000) erhält man sonderbarerweise an lebenden Zellen keine Färbung des Kernes, wohl aber der Fettsubstanzen. Durch successive Einwirkung von Bismarckbraun und von Hämoxylin ist es möglich, an lebenden Gewebselementen die braungefärbten Fettbestandteile von den violett erscheinenden Kernelementen zu unterscheiden.

Die chemische Bedeutung der Färbungen. Sind wir im gegenwärtigen Buche noch auf rein empirische Behandlung der Färbungsverfahren angewiesen, so dürfen wir doch von der Zukunft einen tieferen Einblick in die chemischen Gründe der Farbenbindung und somit eine Lösung der noch bestehenden Widersprüche in den Erscheinungen erwarten.

Litteratur.

Gerlach, J., Handbuch der allgem. und spez. Gewebelehre des menschlichen Körpers. 2. Aufl. Mainz 1853—4. — Schloßberger, Die Chemie der Gewebe des gesamten Tierreichs. Leipzig-Heidelberg 1856. — Funke, O., Atlas der physiologischen Chemie. 2. Aufl. Leipzig 1858. — Lehmann, Handbuch der physio-

logischen Chemie. 2. Aufl. Leipzig 1859. — Marcet, (Excretin). Ann. de chimie et de physiologie. 59. Bd. S. 91. 1860. — Chevreul, (über Elinsäure). Comptes Rendus Acad. d. Sc. 62. Bd. S. 1015. Paris 1866. — Bence-Jones, H., (über Chinoidin im Tierleibe). Proceed. Roy. Soc. XV. Bd. S. 72. London 1866. — Zalesky (über Samandarin), Hoppe-Seyler's Medic. chem. Untersuchgn. I. Hft. Tübingen, 1866. — v. Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie. 2. Aufl. Braunschweig 1867. — Kühne, W., Lehrbuch der physiolog. Chemie. 8°. 605 S. und Fig. Leipzig, Engelmann 1866—68. — Robinsky, Epithéliums et et capillaires lymphatiques (Silbernitrat). Arch. de Physiol. de Brown-Séquard etc. Paris, Juillet 1869. — Hénocque, A., De la terminaison des nerfs dans les muscles lisses. Arch. de physiol. de Brown-Séquard. Paris 1870. — v. Gorup-Besanez, Anleitung zur qualitativen und quantitativen zoochemischen Analyse. 3. Aufl. Braunschweig 1871. — Ranvier, L. (Pikrokarmin), Archives de Physiologie de Brown-Séquard, Charcot, Vulpian. Paris 1871—72. p. 131. — Gerlach, Doppelfärbung mit Hämoxylin und Pikrinsäure), Sitzgsber. phys. med. Ver. Erlangen 1872. — Atkinson, H. S., The preparation of the brain and spinal cord. Monthly Microsc. Journ. 2. Bd. S. 27. 1873. — Frey, H., Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen. 8°. 608 Fig. 710 S. Leipzig, Engelmann, 1874. — Ranvier, L., Des applications de la purpurine à l'histologie. Arch. de physiol. de Brown-Séquard. Paris 1874. — Alferow, S., Nouveaux procédés pour les imprégnations à l'argent. Arch. de physiol. de Brown-Séquard. Paris 1874. — Ranvier, L., Des préparations du tissu osseux avec le bleu d'aniline soluble dans l'alcool. Arch. de physiol. S. 17—21. Paris 1875. — Hofmann, Beitrag zur Spektralanalyse des Blutes. Centralblatt 1. No. 24. 1875. — Cornil, V., Sur la dissociation du violet de méthylaniline (amyloïde). Compt. R. Acad. Sc. Paris 24. Mai 1875. — Ehrlich, Beitr. z. Kenntnis der Anilinfärbungen. Arch. f. Mikr. Anat. 13. Bd. S. 263. 1876. — Robin, Ch., Traité du microscope. 2. Aufl. 8°. 336 Fig. und 1100 S. Paris, Baillière 1877. — Morochowetz, L., Zur Histochemie des Bindegewebes. Verhandl. naturh. [med. Vereins zu Heidelberg, N. F. 1. Bd. 5. Hft. 1877. — Renaut, J., Application des propriétés électives de l'éosine à l'étude du tissu conjonctif. Arch. de physiol. Paris Janvier 1877. — Norris & Shakespeare, (Über Karmin- und Indigo-Borax). Amer. Journ. med. Sc. 1878. — Wedl, Orseille als Tinktionsmittel für Gewebe. Virchow's Archiv. 74. Bd. S. 143. 1878. — Bachmann, O., Leitfaden zur Anfertigung mikroskopischer Dauerpräpräparate. 8°. 196 S. 87 Fig. München, Oldenbourg 1879. — Grenacher, H., Einige Notizen zur Tinktionstechnik, besonders zur Kernfärbung. Arch. f. Mikr. Anat. 16. Bd. S. 463. 1879. — Ranvier, L. (Eléidine). Compt. Rend. Ac. de Sc. 30 Juin 1879. — Brandt, K., Mikrochemische Untersuchgn. Sitzgsber. Berl. physiol. Gesellsch. S. 34 1879. — Frommann (Methylgrün). [Sitzgsber. Jen. Gesell. f. Med. u. Naturw. 24. Januar 1879. — Renaut, J. (Eosin-Hämoxylin). Compt. Rend. Acad. d. Sc. 88. Bd. S. 1039. 1879. — Hoggan, Geo. & Frcs. El. Lymphgef. der Haut und der quergestr. Muskeln). Journ. Anat. and Physiol. 15. Bd. S. 54 u. 588. 1879. — v. Thanhoffer, L., Das Mikroskop und seine Anwendung. 1. Bd. 8°. 236 S. 82 Figg. Stuttgart, Enke 1880. — Strasburger, Ed., Zellbildung und Zelltheilung. 3. Aufl. gr. 8. 392 S. 14 Taf. Jena, Fischer 1880. — Golgi, C., Sulla struttura d. fibbre nervose midollate (Osmiumsäure und Silbernitrat). Arch. per le Sc. med. 4. Bd. S. 221. 1880. — Schneider, A. (Essigsaures Karmin), Zoolog. Anzeiger 12. Januar und 29. Mai 1880. — Hoppe-Seyler, F., Über das Chlorophyll der Pflanzen. Zeitschr. f. physiolog. Chemie, 3. und 4. Bd. 1879—1880. — Mayer, P., Über die in der Zoolog. Stat. zu Neapel gebr. Methoden. Mitth. Zool. Stat. Neapel. 2. Bd. 1. Hft. S. 11. 1880. — Czokor, J. (Alaun-Cochenille), Arch. f. M. Anat. 18. Bd. S. 412. 1880. — Neumann, E., Die Pikrokarminfärbung u. s. w. Arch. f. Micr. Anat. 18. Bd. S. 130. 1880. — Gibbes, H. (Doppelfärbungen). Journ. R. Mikr. Soc. 3. Bd. S. 390. 1880. — Frey, H., Das Mikroskop und die mikroskopische Technik. 7. Aufl. 8. 455 S. 403 Figg. Leipzig,

Engelmann 1881. — Hermann, L., Handbuch der Physiologie. 6 Bde. 8. Leipzig, Vogel 1879—1881. — Kunkel, A. J. (Nachweis des Eisens in den Geweben). Zeitschr. f. physiol. Chemie. 5. Bd. S. 40. 1881. — v. Mehring, Üb. d. Einfluß diastat. Fermente auf Stärke, Dextrin und Maltose. ibid. S. 185. 1881. — Danilewsky, A., Myosin. ibid. S. 158 u. folg. 1881. — Hofmeister, Fr., Üb. d. durch Phosphorwolframsäure fällbaren Substanzen des Harns. ibid. S. 67. 1881. — Cahn, A., Zur physiol. und pathol. Chemie des Auges. ibid. S. 221. 1881. — Renaut, J. (Eosin und Hämoxylin-Glycerin). Arch. de physiol. de Brown-Séquard. S. 640. 1881. — Flemming, W., Über das Hermann'sche Kernfärbungsverfahren. Arch. f. Mikr. Anat. 19. Bd. S. 317. 1881. — Weigert, C., Zur Technik der mikroskop. Bakterienuntersuchungen. Virchow's Arch. 84. Bd. S. 283. 1881. — Ehrlich, P., Das Methylenblau etc. Zeitschr. f. klin. Medizin. 2. Bd. S. 710. 1881. — Errera (Nigrosin). Bullet. Soc. Belge de Microscopie. S. 134. 1881. — Gage, S. H. (Pikrokarmin). American Monthly Micr. Journ. 1. Bd. S. 22. 1881. — Stirling, W. (Dreifachfärbungen). Journ. Anat. u. Physiol. 15. Bd. S. 349. 1881. — Richardson, W. (Mehrfachfärbungen). Journ. Roy. Micr. Soc. 1. Bd. S. 868. 1881. — Brandt, K. (Färbungen intra vitam). Biologisches Centralblatt S. 202. 1881. — Certes, A. (Färbungen intra vitam). Zoolog. Anzeiger S. 208 und 287. 1881. — Flemming, W., Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung. 8°. 24 Fig. 8 Taf. 425 S. Leipzig. Vogel 1882. — Ranvier, L., Traité technique d'histologie. 1. Bd. 8°. 324 Fig. und 976 S. (soweit ersch.). Paris, Savy 1875—1882. — Friedländer, C., Mikroskopische Technik, z. Gebr. b. medizinischen und pathol. Untersuchgn. kl. 8°. 132 S. Kassel u. Berlin, Fischer 1882. — Landwehr, H. A., Unters. üb. d. Mucin von Helix pomatia etc. Zeitschrift f. physiol. Chemie. 6. Bd. S. 74. 1882. — Hüfner, G., Unters. z. physikal. Chemie des Blutes. ibid. S. 94. 1882. — Lebedoff, A., Über d. Ernährung mit Fetten. ibid. S. 145. 1882. — Baumann, E., Über d. Nachweis von Phenolen u. Oxysäuren etc. ibid. S. 183. 1882. — Horbaczewski, J., Über d. Verhalten d. Elastins bei d. Pepsinverdauung. ibid. S. 330. 1882. — Weigert, C., Über eine neue Untersuchungsmeth. d. Centralnervensyst. (Säurefuchsin.) Centralbl. f. d. mediz. Wissensch. 20. Bd. S. 753 u. 772. 1882. — v. Jaksch, R., Über Acetonurie. ibid. S. 541. 1882. — Weyl, Th., und Zeitler, H., Über d. saure Reaktion d. thätigen Muskels etc. ibid. S. 557. 1882. — Krukenberg, C. F. W., Vergleichend physiologische Studien, 1. und 2. Reihe, mit Tafln. Heidelberg, Winter 1880—1882. — Schmiedeberg, (Onuphin). Mittheilungen aus d. Zoolog. Station zu Neapel. 3. Bd. 3. Hft. S. 373. 1882. — Hoyer, H., Beiträge z. histolog. Technik. Biolog. Centralblatt März 1882. — Weigert, C., Über eine neue Untersuchungsmeth. des Zentralnervensystems (Säurefuchsin). Centralblatt f. d. mediz. Wissensch. 20. Bd. S. 753. 1882. — Manfredi, (Goldimprägnation). Arch. f. Ophthalmolog. u. Arch. per le Sc. mediche. 1882. — Redding, T. B., (Entfärben der Goldpräparate). Proceed. Amer. Micr. Soc. S. 183. 1882. — Strasburger, E., Theilungsvorgänge etc. (Essigs. Methylgrün.) Arch. f. Mikr. Anat. 21. Bd. S. 476. 1882. — Mayer, S. (Färbung intra vitam). Sitzgsber. Wiener Akad. S. 69. 1882. — Bizzozero, J., (Nachweis der Blutplättchen). Arch. f. pathol. Anat. S. 261. 1882. — Engelmann, Th. W., (Bacterium photometricum). Pflüger's Arch. f. Physiol. 30. Bd. S. 94. 1882. — Hoppe-Seyler, F., Handbuch der physiolog. und pathолog. chemischen Analyse. 5. Aufl. 8°. 550 S. und 18 Fig. Berlin, Hirschwald 1883. — Behrens, W., Hilfsbuch z. Ausf. Mikrosk. Unters. im botanischen Laboratorium. 8°. 132 Fig. u. 400 S. Braunschweig, Schwetschke 1883. — Fredericq, L., et J. P. Nuel, Eléments de Physiologie humaine. 8°. 370 S. 153 Fig. Gent, Horte, und Paris, Manon 1883. — Detmer, W., (Diastase). Zeitschrift f. physiol. Chemie. 7. Bd. S. 1. 1883. — Kossel, A., Zur Chemie des Zellkerns. ibid. S. 7. 1883. — Hammarsten, O., Metalbumin und Paralbumin etc. ibid. S. 194 und S. 227. 1883. — Baginsky, A. (Fermente im Darm) ibid. S. 211. 1883. — Mauthner, J., Das optische Drehungsvermögen des Leucins und Cystins. ibid. S. 222. 1883. — Jaffe, M., Über das Vorkommen v. Mannit etc. ibid. S. 297. 1883. — Molisch,

H., (Nachweis von Nitraten und Nitriten). Bericht Deutsch. bot. Gesell. 1. Bd. S. 150. 1883. — Klebs, G., Paramylon der Euglenen. Untersuch. d. Botan. Instit. Tübingen 1883. — Pringsheim, N., Über Cellulinkörner etc. Bericht d. deutch. Botan. Gesellsch. S. 288. 1883. — Barfuth, D., Das Glykogen in der Gasteropodenleber. Zool. Anzeiger 6. Jahrg. No. 155. S. 652. 1883. — Mac Munn, C. A. (Chlorophyllähnliche Substanz der Leber der Wirbellosen). Proc. Roy. Soc. 35. Bd. S. 370 und Proc. Brit. Assoc. Advanc. Sc. 1883. — Owsiannikof, Chlorgoldmethode, nach Welicky, Mélanges biologiques Acad. St. Pétersbourg. 11. Bd. S. 481. 1883. — Cybulsky, J. B., (Ochsenschnauze, Goldmethode). Zeitschr. f. wiss. Zool. 39. Bd. 4. Hft. S. 654. 1883. — Ciaccio, G. V., Terminaison des nerfs dans les muscles de la Torpille traités par le chlorure d'or et de cadmium. Arch. ital. de Biologie. 3. Bd. 1. Hft. S. 75 und Journal d. Micrographie. 7. Bd. S. 38. 1883. — Ranvier, L., De l'exist. et de la distrib. de l'éléidine etc. Comptes R. Acad. Sc. S. 1377. 10 Dec. 1883. — Griesbach, H. (Dreifachfärbung) Zoolog. Anzeig. 6. Jahrg. S. 172. 1883. — Ryder, J. A., (Doppelfärbung, Safranin-Methylgrün). Ann. and Mag. Nat. hist. 1883. — Gibbes, H. (Bacillen-Doppelfärbung). Lancet. S. 771. 1883. — Orth, J., Cursus der normalen Histologie. 3. Aufl. 1. Bd. 108 Fig. 340 S. Berlin, Hirschwald 1884. — Gram, C., Üb. d. isolierte Färbung der Schizomyceten. Fortschritte der Medicin 2. Bd. 6. Hft. S. 185. 1884. — Weigert, C., Neue Färbungsmeth. f. d. Centralnervensyst. Fortschritte der Medicin 2. Bd. No. 6. S. 190. 1884. — Gierke, H., Färberei zu mikroskopischen Zwecken. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. 1. Bd. 1. Hft. S. 62. 1884. — Vergl. namentlich: Max Flesch's Berichte über die Untersuchungsmethoden und Beobachtungsmittel im Zoologischen Jahresbericht. Leipzig, Engelmann 1879—1884. und Frank Crisp's Referate im Journal of the R. Microscopical Society — Williams and Norgate — 1870—1884.

Anhang.

Kurze Übersicht der gebräuchlichsten Verfahren für die Herstellung mikroskopischer Präparate.

A. Gewebspräparate.

Nachdem man die Gewebe womöglich am Leben beobachtet hat (S. 87), schreitet man — nach nötigenfalls noch vorausgehender Injektion (S. 12) — zur Fixierung derselben.

a) Membranartig ausgebreitete Gewebe werden im ausgedehnten Zustande (S. 95) durch Säuren (S. 94 und folg.) oder durch Metallsalze (S. 105) fixiert, gewaschen, nach Belieben gefärbt und direkt in Glycerinleim aufgestellt (S. 135) oder in absolutem Alkohol entwässert, mit Nelkenöl etc. aufgehellt und in Harzen eingeschlossen (S. 138).

b) Dickere Organe werden in Säuren fixiert (S. 94) und nach dem Auswaschen in Alkohol aufbewahrt, oder direkt in Alkohol oder auch in Salzlösungen erhärtet.

1. Man bringt sie nun in alkoholische Farbstofflösungen (S. 183 und 185), worin sie durch und durch gefärbt werden. Nach dem Auswaschen kommen die Teile in absoluten Alkohol, Nelkenöl oder sonstige Aufhellungsmittel und werden mit geschmolzenem Paraffin imbibiert (S. 119 und folg.). Die vermittelst des Mikrotoms (S. 124 und folg.) gewonnenen Schnitte werden auf das Objektglas geklebt (S. 133), mit Terpentin- oder Naphthaöl ausgewaschen und entweder in Balsam aufgestellt oder in Alkohol gebracht, mit Glycerin behandelt und schließlich in Glycerinleim eingeschlossen.

2. Man legt die ungefärbten Teile in absoluten Alkohol und dann in Äther, läßt sie in einer Celloidinlösung imbibieren (S. 118) und fixiert sie auf einem Korkstückchen in der eingedickten Lösung. Nach dem Erhärten der Masse in schwachem Alkohol schneidet man vermittelst des Ranvier- oder Schiefferdecker'schen Mikrotoms (S. 124) und färbt die Schnitte einzeln nach den verschiedensten Methoden (S. 173 und 180). Zum Aufstellen dient Glycerin oder, nach Behandlung mit absolutem Alkohol und Origanumoel, Canadabalsam.

3. Man läßt die fixierten Teile in Gummischleim liegen (S. 115), härtet sie nachher in Alkohol, schneidet im Cylindermikrotom und wässert die Schnitte aus. Oder man bettet in Seife ein (S. 117) und schneidet mit dem Schienenmikrotom. Die Schnitte werden einzeln gefärbt und meistens in Glycerin oder Glycerinleim aufgestellt.

c) Dicke Organteile werden gefroren und mit dem Gefriermikrotom (S. 126) in Schnitte zerlegt. Die Schnite werden direkt mit Anilinfarben behandelt (S. 187) oder in Kochsalzlösung oder absoluten Alkohol eingelegt und der mikrochemischen Untersuchung unterworfen (S. 149 und folg.).

d) Die Gewebe werden direkt in sogenannte Mazerationsflüssigkeiten eingelegt (S. 109) und, nachdem die Auflockerung eingetreten ist, zerzupft (S. 108). Den isolierten Gewebsbestandteilen setzt man pikrokarminhaltiges oder mit Eosin-Hämoxylin versetztes Glycerin zu, das man nach einigen Tagen vom Rande des Präparates aus durch Glycerinleim verdrängt (S. 137).

B. Mikrobenpräparate.

Zur Aufsuchung und zur Unterscheidung der im tierischen Organismus vorkommenden Schistomyceten stehen dem Forscher drei Wege offen: Das Studium direkt hergestellter mikroskopischer Präparate, die Kultur- und die Impfmethode.

I. Direkt hergestellte Präparate.

Die ohne weiteres aus den Flüssigkeiten der Binnenräume oder der Gewebe hergestellten Präparate zerfallen wiederum in drei Kategorieen, je nachdem die Mikroben im lebenden Zustande, oder nach der Fixierung aufgehellt oder aber gefärbt der Beobachtung unterzogen werden. Die Untersuchung des lebenden Materiales sollte, wo nur irgend möglich, nicht versäumt werden, — wie es leider in neuerer Zeit nur zu häufig geschah. In den meisten Fällen dürfte es sich jedoch empfehlen, diese relativ schwierige Untersuchungsmethode erst dann anzuwenden, nachdem man genaue Kenntnis von dem Aussehen gefärbter Trockenpräparate desselben Gegenstandes gewonnen hat.

a) Zur direkten Untersuchung der lebenden Mikroorganismen wird einfach ein Tropfen der Flüssigkeit mittelst des kurz vorher geglühten Platindrahtes oder einer

sterilisierten Pipette auf das Objektglas gebracht, zugedeckt und mit geschmolzenem Wachs oder Paraffin umrandet. Objekt- und Deckglas müssen ebenfalls durch Erhitzen sterilisiert sein; man beachte aber, daß die Gegenstände erst nach dem Erkalten in Gebrauch genommen werden, da die Hitze sonst die zu untersuchenden lebenden Organismen abtöten könnte. In diesem Falle sind überhaupt strenge antiseptische Kautelen nicht am rechten Platze, da es sich doch nur um kurze Beobachtungen handeln kann und unter den gegebenen Bedingungen eine Reinkultur doch nicht ausführbar wäre. In den meisten Fällen muß die bakterienhaltige Flüssigkeit mit sterilisiertem Wasser, Kochsalz- oder Peptonlösungen verdünnt werden, denn es dürfen die Organismen nicht so zahlreich vorhanden sein, daß ihr Durcheinanderwimmeln ein konfuses Bild erzeuge.

b) Die einfache Aufhellung wird nur auf Gewebspartieen oder Schleimklumpen ausgeführt, in denen sonst die Mikroben unsichtbar blieben. Die Schnitte werden meistens aus ganz frischen Organen mit dem Gefriermikrotom (s. S. 126) verfertigt und sofort mit dem Aufhellungsmittel auf das Objektglas gebracht. Schleimklumpen werden zwischen zwei Glaslamellen durch Reibung ausgebreitet und die Zusatzflüssigkeit an den Rand des Präparates gebracht. Diese Flüssigkeit besteht entweder aus ziemlich starker Essigsäure oder aus schwacher Kalilauge (s. S. 110). Schnitte durch gehärtete Organe eignen sich zu dieser Behandlungsweise weit weniger als frische Präparate, weil fixierte Gewebe sich nur unvollkommen aufhellen lassen. Lagen die Teile schon seit einiger Zeit in der Erhärtungsflüssigkeit, so muß man auf diese Methode ganz und gar verzichten. Die allermeisten Mikroben widerstehen der Einwirkung der Zusatzflüssigkeit und zeigen bei der Beleuchtung mit engen Blenden deutliche Konturen, während die Gewebselemente fast bis zum Verschwinden durchsichtig werden. Es gelang z. B. Baumgarten auf diese Weise, die Tuberkelbacillen mitten in den Geweben sichtbar zu machen.

c) Unfixierte Präparate nehmen in der Regel die Farben schlecht an; andererseits aber verlieren manche Mikroben durch längeres Liegen in Alkohol und sonstigen Fixierungsmitteln oder durch langes Trockenbleiben ihre Färbbarkeit immer mehr. Die besten Tinktionspräparate erhält man somit aus Geweben, die nur kurze Zeit fixiert waren. Je nachdem die Flüssigkeiten und Gewebssäfte oder aber die Organe untersucht werden, hat man verschiedene Prozeduren zu befolgen. Im ersteren Falle stellt man sich sogenannte Deckgläschenpräparate her, im zweiten muß zur Erhärtung der Organe und zur Schnittführung geschritten werden. Die Färbungsmethoden sind aber wiederum in beiden Fällen wesentlich die gleichen.

1) **Deckgläschenpräparate** (Ehrenberg, Obermeier, Koch). Ein Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit wird auf ein gut gereinigtes (s. S. 132) Deckgläschen gebracht, mit einem zweiten Deckglase bedeckt und nun beide seitlich auseinandergezogen. Die dünn ausgebreitete Flüssigkeitsschicht trocknet an der Luft bald ein. Um Gewebsflüssigkeiten zu gewinnen, wird das frisch extrahierte Organ mit dem kurz vorher geglühten Messer angeschnitten, auf die Schnittfläche mit einem zweiten sterilisierten Messer ein neuer Schnitt senkrecht ausgeführt und der hergestellten Fläche sofort ein reines Deckglas aufgelegt. Die anhaftende feuchte Substanz wird nun wie oben zwischen den beiden Deckgläsern ausgebreitet und getrocknet. Aus blutreichen oder weichen parenchymatösen Organen wird durch diese Behandlung zuweilen ein so fester Brei gewonnen, dass er sich nur unvollkommen ausbreiten läßt. In diesem Falle hilft man sich einfach dadurch, daß man die Schnittfläche mit einem Tröpfchen sterilisierten Wassers benetzt, ehe man das Deckgläschen auflegt. Dünne, bakterienarme Flüssigkeiten bringt man dagegen in ziemlich dicker Schicht auf das Deckglas und läßt dieselbe bei etwa 60—70° schnell eindampfen; beim gewöhnlichen Verfahren würden in diesem Falle die Mikroben so weit auseinander liegen, daß sie der Beobachtung leicht entgehen könnten. Damit nun die dünne Schicht bei den nachfolgenden Operationen nicht weggeschwemmt werde, muß man dieselbe fixieren, und zwar entweder durch Erhitzen oder durch die gewöhnlichen

Fixierungsmittel (s. S. 95). Am einfachsten ist jedenfalls das Erhitzen. Das trockene Präparat wird mit der Rückseite nach unten dreimal durch die Flamme eines Bunsen'schen Brenners oder einer Spirituslampe mit einer mäßigen Geschwindigkeit gezogen; durch Erfahrung lernt man recht bald letztere so abzumessen, daß die trockene bakterienhaltige Schicht nicht anbrenne. Das feinste Detail, z. B. die schleimigen Hüllen und die Wimpern der Bakterien, gehen dabei allerdings in den meisten Fällen verloren. Besser in dieser Beziehung, obgleich etwas umständlicher, ist das Fixieren des kurz vorher getrockneten Präparates mit den Dämpfen der Osmiumsäure oder des absoluten Alkohols. Ein paar Tropfen absoluten Alkohols werden in ein tiefes Uhrgläschen gegossen, das Deckgläschen mit der Rückseite nach oben in schwebender Lage darüber gelegt, ein zweites Uhrschälchen darüber gestürzt und das Ganze in mäßigem Grade erwärmt. Außerdem lassen sich die Chrom- oder Pikrinsäure oder deren Mischungen mit anderen Säuren (s. S. 99) zur Fixierung gebrauchen. Eine gründliche Abspülung ist vor dem Färben in diesem Falle dringend geboten.

2) **Schnittpräparate.** Die Organe werden am besten in absolutem Alkohol gehärtet. Damit die Härtung schnell und gleichmäßig geschehe, dürfen nur kleine Stückchen oder dünne Scheiben aus den betreffenden Organen schnell und geschickt herausgeschnitten und sofort in ein größeres Quantum Alkohol hineingeworfen werden. Nach ein paar Tagen wird zur Schnittführung geschritten; die Härtung darf nicht ein gewisses Zeitmaß übersteigen, denn es verlieren manche Mikroben schon nach 3—4tägigem Liegen in Alkohol ihre Fähigkeit, Farbstoffe aufzunehmen. Die Schnitte müssen möglichst dünn sein. Obgleich nun die Paraffineinbettung das einfachste und bequemste Mittel zur Herstellung dünnster Schnitte abgiebt, so muß man dennoch in diesem Falle von jener Methode in der Regel Umgang nehmen, weil die notwendige Entwässerung und Durchtränkung der Gewebe mit ätherischen Ölen und geschmolzenem Paraffin die Färbbarkeit mancher Bakterien geradezu vernichtet. Man schneide daher entweder direkt oder man greife zur Einbettung in Celloidin, wobei dann die Schnitte unter Wasser ausgeführt werden müssen, oder aber man bette in der Transparentseife ein.

3) **Tinktionsmethoden.** In vielen Fällen, namentlich für Deckgläschenpräparate, genügt eine einfache Färbung mit dem Böhmer'schen Hämoxylin (s. S. 181) oder mit Methylenblau; erstere Farbe wird mit alaunhaltigem Wasser, letztere mit Alkohol abgespült. Vesuvin in konzentrierter wässeriger Auflösung giebt eine blasse und unscheinbare Tinktion ab, welche aber zu photographischen Zwecken ganz besonders geeignet ist. Eine intensivere und auch für die schwer tingierbaren Spezies passende Färbung wird dadurch erreicht, daß man bei Brütofentemperatur die Auflösungen der kernfärbenden Anilinfarben, wie z. B. Methylenblau, Gentiana, Methylviolet oder Säurefuchsin (s. S. 186) in einer wässerigen Solution des Anilinöles $^1/_4$ bis 24 Stunden lang einwirken läßt. Das Präparat mit der siedend heißen Farblösung zu übergießen, wie es vielfach geübt wird, dürfte sich der ungleichmäßigen und unzuverlässigen Tinktion wegen nur wenig empfehlen. Will man die Gewebskerne entfärben, so kann man Hämatoxylinpräparate mit Essigsäure auswaschen, Anilinfarbenpräparate durch die Gram'sche Methode (s. S. 187) behandeln. Dabei darf man jedoch nicht vergessen, daß manche Mikroben die Farbe ebenso leicht verlieren wie die Gewebskerne. Es gehören hierher die überhaupt schwer färbbaren Typhusbacillen und namentlich die Recurrensspirillen. Andererseits behalten zuweilen die Lepra- und namentlich fast konstant die Tuberkulosebacillen die Anilinöl-Farblösungen, welche sie nur langsam aufnehmen, hartnäckig bei, trotz der Einwirkung starker Salpetersäure (Ehrlich's Verfahren, s. S. 187). Es besitzen aber sämmtliche Differenzierungsmethoden durch Farbstoffe nicht denjenigen absoluten Wert, den man ihnen vielfach zuschreibt. Je nach der Lebensperiode der Mikroorganismen, je nach der Art und Dauer der Erhärtung kann eine und dieselbe Spezies so verschiedene Tinktionsfähigkeiten aufweisen, daß ihr Verhalten in dieser

Beziehung nur einen sehr bedingten diagnostischen Wert besitzt. Ebenso lehrreich wie die Färbung mit nachfolgender Entfärbung sind gewisse Doppeltinktionsmethoden. Anstatt die mit basischen Lösungen tingierten Präparate zu entfärben, kann man sie einfach in eine wässerige Methylenblau- oder Vesuvinlösung bringen, welche die ursprüngliche Farbe aus den Geweben verdrängt, in den Bakterien dagegen bestehen läßt. Natürlicherweise wähle man zwei Farben, welche sich möglichst complementär zu einander verhalten, z. B. Violet und Vesuvin oder Pikrokarmin, Fuchsin und Methylenblau u. s. w., oder die SUBBOTIN'sche Kombination (S. 197).

4) **Das Aufstellen.** Die gefärbten Präparate werden entweder feucht oder in Harzen aufbewahrt. Mit Ausnahme des Vesuvins eignen sich die meisten Anilinfärbungen zur Glycerinaufbewahrung durchaus nicht. Vesuvinpräparate kann man dagegen mit Glycerinleim (s. S. 137) montieren. Man nehme eine gesättigte wässerige Auflösung des essigsauren Kalis, wenn man das Strukturbild hervorheben oder das Präparat zu photographieren beabsichtigt. In den übrigen Fällen bietet das Einschließen in Harzen größere Vorteile nicht nur wegen der Bequemlichkeit und Dauerhaftigkeit, sondern auch weil das Farbenbild weit schöner und prägnanter erscheint. Zum Einschließen in der Harzmasse wird das Präparat zunächst mit absolutem Alkohol behandelt, hierauf entweder abgetrocknet oder mit Nelkenöl oder Xylol aufgehellt und schießlich mit Xylol- oder Benzolbalsam montiert. Daß keine Mikrobenuntersuchungen ohne einen ABBE'schen Konzentrator und eine starke homogene Immersionslinse vorgenommen werden können, versteht sich wohl von selbst.

II. Die Kulturmethode.

Hauptbedingungen einer jeden erfolgreichen Kultur sind *a*) die Herstellung eines sicher sterilisierten Nährmediums. — *b*) Regelrechte reine Aussaat. — *c*) Geeignete Kultur.

a) Nährmedien. — Obgleich manche Mikrobenarten sich mit unorganischen Salzlösungen begnügen, so gedeihen doch die meisten und namentlich die für uns in Betracht kommenden, im Tierkörper schmarotzenden Arten erst in einer an organischen Stoffen reichen Lösung. Wo eine solche neutrale oder schwach alkalische, Pepton und phosphorsaure Salze enthaltende Flüssigkeit geboten ist, da wachsen die allermeisten parasitären Mikroben vortrefflich und zeigen sich mit nur seltenen Ausnahmen durchaus nicht wählerisch. Wichtig ist aber die feste oder flüssige Beschaffenheit des Mediums. Beiderlei Nährmedien sind uns unentbehrlich; es hat aber eine jede Form besondere Zwecke zu erfüllen.

1) Zusammensetzung der Nährmedien. — Kaltflüssige Lösungen kann man am einfachsten aus den käuflichen chemisch reinen Stoffen herstellen. Hier sei unter den vielseitig empfohlenen zahllosen Formeln nur die eine beispielsweise angeführt:

Pepton (chemisch reines)	5 g
Dinatrium-Phosphat	10 –
Schleimsaures Ammoniak	5 –
Liebig's Fleischextract	5 –
Zucker	20 –
Wasser	1000 –

Leider ist der Hauptbestandteil solcher Lösungen, das Pepton nämlich, ein äußerst leicht zersetzbares, durchaus unzuverlässiges Produkt. Weit sicherer verfährt man, wenn ein jeder sich das Pepton jedesmal frisch auf folgende Weise herstellt:

500 g fettarmes Ochsenfleisch werden mit 2 Liter Wasser und 1 g Kochsalz 4 Stunden lang im unverschlossenen PAPIN'schen Topfe abgekocht; schließlich wird noch bei verschlossenem Ventile etwa 1 Stunde auf 110° C. erhitzt. Die erkaltete Brühe wird vom Fette befreit, sorgfältig neutralisiert und durch Papier filtriert.

Soll das Nährmedium beim Abkühlen zur Gallerte gestehen, so stellt man sich eine Sulze einfach dadurch her, daß man der einen oder anderen oben genannter Lösungen 5 bis 10% reine Gelatine zusetzt. Soll der Kulturboden lauwarme Temperaturen ertragen, ohne gleich flüssig zu werden, so nimmt man anstatt der Gelatine etwa 2% japanesischen Seetangleim, das sogenannte »Agar Agar«. Nach solchem Zusatze ist es in der Regel nötig, die Mischung etwa $^1/_2$ Stunde im Wasserbade in der Siedehitze zu erhalten und im erwärmten Trichter zu kolieren, um den aus Unreinlichkeiten der Gelatine bestehenden Niederschlag zu entfernen.

2) Sterilisierung der Nährmedien. — Die bei weitem sicherste und einfachste Methode besteht in einem längeren Erhitzen auf 110° im Papin'schen Kochtopfe. Das soeben hergestellte und kolierte Nährmedium wird sofort wieder auf 110° gebracht. Der eigens zu diesem Zwecke eingerichtete Kessel soll am festschließenden Deckel, außer dem Ventile und einem, unten verschlossenen Rohre für das Thermometer, noch eine dritte Öffnung besitzen, die man mit einem Korkstöpsel verschließt. Ein kappenförmiger, mit Schraube versehener Aufsatz dient dazu, den Kork in der Öffnung festzuhalten. Der Stöpsel ist aber durchbohrt und läßt eine Metallröhre durch, deren eines Ende in den Kessel hineinragt, während das andere Ende zweimal umgebogen und mit einem Kautschukröhrchen versehen ist. Das Kautschukröhrchen wird mit einer Klemme verschlossen. Ist nun die Nährflüssigkeit so lange auf 110° C. erhitzt worden ($^1/_2$ bis 1 Stunde), daß man sie für sicher sterilisiert halten kann, so zieht man jene metallene Röhre soweit hervor, daß ihr unteres Ende nicht in der Flüssigkeit, sondern im oberen dampferfüllten Raume des Kessels sich befinde, versieht das Kautschukröhrchen mit einem kanülenförmigen Ansatze und läßt, indem man die Klemme öffnet, den überhitzten Dampf etwa 10 Minuten lang hindurchstreichen. Hierauf wird das Kautschukröhrchen wieder zugeklemmt, das Rohr bis zum Boden des Kessels hineingestoßen und beim Wiederöffnen der Klemme fließt, vermöge des Druckes im Kessel, die sterilisierte Flüssigkeit durch die Kanülenspitze heraus.

3) Sterilisierte Kulturgefäße. — Mit Asbestbäuschen verschlossene Glasgefäße kann man ohne Nachteil auf 200 bis 300° erhitzen, wodurch in kurzer Zeit ein sicheres Sterilisieren ermöglicht wird. Ist der Verschluß mit Baumwolle bewerkstelligt, so darf man die Temperatur von 150 bis 160° C. nicht übersteigen, weil sonst die Baumwolle verbrennen würde; in letzterem Falle muß das Erhitzen mindestens 6 Stunden lang ohne Unterbrechung fortgesetzt werden. Zum Verschließen wenden wir mit großem Vorteil kurze, etwa 3 cm lange Röhrchen an, von derselben Gestalt wie die gewöhnlichen Reagensröhren, jedoch mit einem etwa 5 mm breiten Loche im Boden. Die Röhre soll etwas enger sein wie der Hals des zu verschließenden Gefäßes. Auf die Öffnung des letzteren wird nun ein Stück Watte gelegt und das Röhrchen mit demselben in den Hals des Gefäßes fest eingedrückt. Den Binnenraum des Röhrchens füllt man nun mit einem zweifachen Bausch, zuerst mit einem aus Asbest und hierauf einem zweiten aus Baumwolle. In diesem Zustande kommt das Glas in den Sterilisierofen. Es paßt dieser Verschluß auf die verschiedenst gestalteten Gefäße, unter welchen wir jedoch etwa 15 cm lange und 2—3 cm breite Reagensröhrchen aus starkem Glase und kleine Flaschen von konischer Gestalt mit flachem Boden als besonders praktisch empfehlen. Selbst flache Glasschachteln, die man sich durch Ankittung zweier Deckgläschenscheiben an einen, seitlich durchbrochenen Glasringe herstellt, können mit ähnlichem Verschluss versehen werden. Letztere Vorrichtung ist insofern empfehlenswert, als sie gestattet die Kultur darin direkt unter dem Mikroskop zu beobachten.

4) Die Füllung sterilisierter Gefäße. — Zur Füllung der soeben beschriebenen Gefäße gehören spitze, etwa 10 bis 15 cm lange, 2 mm breite Kanülen mit seitlicher schlitzförmiger Öffnung, die man aus Glas, Neusilber oder Platin herstellen läßt. Eine solche Kanüle wird an der obenerwähnten Röhre des Papin'schen Topfes angesetzt, durch den strömenden Wasserdampf sterilisiert und nach Entfernung der

äußeren baumwollenen Tampons eines sterilisierten Gefäßes, durch den Asbestbausch und die Öffnung des Verschlußröhrchens in das Innere des Gefäßes gestoßen. Nun läßt man die sterilisierte Nährflüssigkeit aus dem Kessel direkt hineinfließen und setzt, nachdem die Kanüle zurückgezogen wurde, den Baumwollenbausch wieder auf. Auf diese Weise wird jede Möglichkeit einer zufälligen Verunreinigung ausgeschlossen und zeigt auch die Erfahrung, daß kein einziges Glas aus diesem Grunde verloren geht. Es paßt dieses Verfahren sowohl auf einfache Bouillons wie auf gerinnende Sulzen.

b) Die Aussaat. — Das allgemein übliche Verfahren besteht darin, daß man zum Übertragen der Mikroben kurz vorher ausgeglühte Instrumente gebraucht. Wird das Instrument noch heiß angewendet, so kann es die Organismen töten, die man zu übertragen beabsichtigt; läßt man es an der Luft erkalten, so können sich mittlerweile wieder fremde Keime an dasselbe angeheftet haben. Wir nehmen ein breites Reagensrohr, das wir mit Asbest verschließen, und stecken eine Anzahl oben beschriebener Glaskanülen durch den Asbestbausch hindurch. Jede Kanüle wird am oberen Ende ebenfalls mit Asbest verschlossen, und es kann in derselben auch ein Platindraht Platz finden, welcher durch den Asbestpfropfen hindurch geht. In diesem Zustande wird das ganze Rohr mitsamt den Kanülen im Ofen sterilisiert und nachher aufgehoben; bei Bedarf nimmt man eine derselben heraus und hat ein kaltes und zugleich sicher sterilisiertes Instrument zur Hand. Das Instrument wird schnell in das frisch mit geglühtem Messer angeschnittene Organ gebohrt, in welchem man die Anwesenheit der Parasiten vermutet, und der Platindraht durch die Kanülenöffnung hervorgeschoben, wieder zurückgezogen, die Pipette sofort durch den Asbestpfropfen eines Kulturgefäßes gestoßen und nun der Platindraht wieder bis zur Berührung mit dem Nährmedium vorgeschoben. Die Aussaat ist geschehen. Handelt es sich um mikrobenhaltige Flüssigkeiten, so nimmt man eine einfache Kanüle ohne Platindraht und versieht das obere, mit Asbest verschlossene Ende derselben mit einem Kautschukkäppchen. Die Flüssigkeit kann wie mit einer gewöhnlichen Pipette aufgesaugt und in das sterilisierte Gefäß durch den Pfropfen hindurch übertragen werden.

c) Die Kultur. — Am sichersten gelingt dieselbe bei konstanten Temperaturen von 20 bis 35° C. In dieser Beziehung bieten die Bouillons, die man in einen auf etwa 35° regulierten Brütofen stellt, große Vorteile. Die Nährsulze dagegen muß man bei Zimmertemperatur stehen lassen, weil sich dieselbe im Brütofen verflüssigt und man des Vorteiles fester Nährsubstrate verlustig wird. Obgleich nun die meisten Spezies bei Zimmertemperatur gedeihen, so ist dieses nicht bei allen der Fall. Der größte Vorteil der festen Nährsubstrate besteht in der Leichtigkeit, mit welcher dieselben verschiedene Arten aus einer Mischung zu isolieren gestatten. Wird das zur Aussaat gebrauchte Instrument über die feste Oberfläche schnell hingezogen, so entstehen am Impfstriche entlang eine Anzahl Kolonieen, die man schon mit der Lupe an ihrem Habitus unterscheiden kann. Von einer derselben kann man dann mit dem Platindrahte das Material zu einer neuen reinen Aussaat nehmen. Diese zur Herstellung von Reinkulturen so außerordentlich vorteilhafte Koch'sche Methode ist aber für gewisse andere Zwecke, zu welchen sie vielfach empfohlen wurde, ganz untauglich. Man hat nämlich die Anzahl der in einem gegebenen Flüssigkeitsquantum befindlichen lebensfähigen Keime dadurch zu bestimmen gesucht, daß man die Flüssigkeit mit der Nährgelatine zusammenschmolz und nun die entstehenden Kolonieen abzählte. Dabei ist jedoch zu beachten: 1) daß manche Keime bei gewöhnlicher Temperatur entweder gar nicht oder erst nach mehreren Wochen keimen; 2) daß andere Spezies unter den gegebenen Bedingungen rasch auswachsen und schon nach 3—5 Tagen den größeren Teil der Sulze verflüssigt haben mitsamt den langsamer wachsenden Keimen, welche hierdurch der Beobachtung entzogen werden. Aus diesem Grunde sind für genannten Zweck nur die fraktionierten Kulturen in flüssigen Nährmedien zulässig, ein Gegenstand übrigens, auf welchen wir an diesem Orte nicht näher eingehen können.

Ebenso können wir die so zahlreichen, von verschiedenen Seiten empfohlenen Nährmedien übergehen, wie z. B. Rübendekokt, Kartoffelscheiben oder gekochtes Gemüse, harte Eier, geronnenes Serum, Hühner-, Kaninchen-, Froschbouillon und dergl. mehr, wie auch die Kultur unter Glasglocken oder in andern undicht schliessenden Gefäßen. Daß man mit solchen Mitteln etwas erreichen konnte, beweist eben nur, daß ein geschickter Arbeiter auch mit schlechten Instrumenten sich zu behelfen weiß. Manche Irrtümer sind aber auch der Unzuverlässigkeit dieser und ähnlicher Methoden zuzuschreiben. Durch genaue Befolgung der oben angegebenen Vorschriften, abgesehen von etwaigen Abänderungen in der Zusammensetzung der Nährmedien (wie z. B. Glycerinzusatz zur Kultur der Kuhpocken u. s. w.), wird man wohl in den allermeisten Fällen befriedigende und zuverlässige Resultate erzielen.

III. Die Impfmethode.

Es kommen hier die gleichen allgemeinen Regeln zur Geltung, die wir bei der Aussaat auseinandergesetzt haben, und können auch die gleichen oder ähnliche Instrumente gebraucht werden. Die Hautstelle, an welcher die Impfung vorgenommen werden soll, muß zuerst von Haaren oder Federn befreit, mit einer antiseptischen Flüssigkeit, z.B. einer 2%igen wässerigen Sublimatlösung gewaschen, mit sterilisierter Wundbaumwolle abgetrocknet und mit kurz vorher ausgeglühtem Messer angeschnitten werden. Schwieriger stellt sich die Aufgabe bei niederen Wirbeltieren, deren Schuppenkleid man nicht verletzen darf, weil sonst die Verletzungsstelle einen Angriffspunkt für anderweitige Mikroben bildet. Man wähle in diesem Falle eine unbeschuppte Körperstelle oder eine Schleimhaut zur Impfung. Bei solchen Experimenten darf man nicht vergessen, daß, soweit bis jetzt bekannt, bei Säugetieren und Sauropsiden keine Mikroben in den mesodermalen Organen des gesunden Tieres zu finden sind. Bei Fischen liegt die Sache schon anders, indem die Peritonealhöhle manche Spezies normalerweise beherbergt. Wie sich die Sache bei Wirbellosen verhält, ist ein weites, bisher fast gänzlich unbebautes Feld, welches der künftigen Forschung eine reiche Ernte zu liefern verspricht.

Zweites Buch.

Die Zelle.

Einleitung und Definitionen.

Das Protoplasma oder die Sarkode. Ueberall, wo uns das Leben entgegentritt, ist dasselbe an die Existenz einer besonderen Substanzgruppe gebunden, die wir mit dem Namen Protoplasma oder Sarkode belegen.

Als charakteristisch für dieselbe läßt sich folgende Reihe von Merkmalen anführen: Es ist eine teigige, zähflüssige, dehnbare, aber unvollkommen elastische, durch die eigene Konsistenz in sich selbst zusammengehaltene, klebrige, reizbare und, wenigstens zeitweise, einer Eigenbewegung fähige Masse, deren übrige Eigenschaften aber in den weitesten Grenzen schwanken können. An und für sich ist die Sarkode stets farblos oder hellgelblich, durchsichtig und etwas stärker lichtbrechend als das Wasser. Im form- und strukturlosen, homogenen Zustande tritt sie uns nirgends entgegen; es gelingt vielmehr durch chemische Einwirkungen, dieselbe stets in optisch unterscheidbare Bestandteile zu zerlegen.

Chemische Zusammensetzung. Die Protoplasmasubstanzen sind chemisch noch weniger bestimmbar als physikalisch. In der Hauptmasse aus eiweißähnlichen Körpern zusammengesetzt, bestehen alle aus Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und etwas Schwefel. Ein geringer Phosphorgehalt ist ebenfalls in den meisten Fällen zu konstatieren, scheint aber nicht dem eigentlichen Protoplasma, sondern Beimischungen desselben anzugehören. Eine chemische Formel aber für ein so hochorganisiertes Substrat wie das Protoplasma aufzustellen, daran ist nicht zu denken. Mit Gemengen weiß die Chemie nichts anzufangen, so lange kein Mittel vorliegt, die darin vorkommenden verschiedenen chemischen Verbindungen unverändert zu isolieren. Aus den zahlreichen vorliegenden Elementaranalysen läßt sich noch durchaus kein Schluß ziehen.

Das Plastin. Wohl gelingt es durch mikrochemische Reaktionen das Vorhandensein verschiedener Substanzen im Protoplasma nachzuweisen, ob diese Substanzen aber nicht wiederum Mischungen sind, läßt sich nicht bestimmen. Eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz, welche mit Essig- oder Salzsäure versetzt wurde, verbindet sich mit dem Zellenplasma und bringt eine Gerinnung desselben zustande. Wird das Reagens sorgfältig ausgewaschen, so bleibt ein Teil an den Eiweißkörpern haften, so daß sie sich durch Zusatz von Eisenchlorid blau färben. Ungefärbt bleibt bei solcher Behandlungsweise eine sonst von den Eiweißkörpern nur durch etwas schwerere Löslichkeit unterscheidbare Substanz, das Plastin (Zacharias).

Das Nuklein und der Kern. Mit dem Protoplasma ist ganz konstant eine andere Substanzgruppe verbunden, deren Eigenschaften von denjenigen der Eiweißgruppe weit abstehen; es ist die Nukleingruppe. Soweit bekannt, ist kein Protoplasmakörper ohne Nukleingebilde als vollständig zu betrachten; denn es fehlt ihm alsdann die Fortpflanzungsfähigkeit, eine der Haupteigenschaften der Lebewesen. In der Regel befinden sich die Nukleinsubstanzen in einem innerhalb der Zelle gelegenen Körper vereinigt, den man als Kern (Nucleus) bezeichnet. Sie können aber auch ausnahmsweise in kleinere Stücke verteilt vorkommen.

Die Zelle oder Plastide. Das Protoplasma bildet im lebenden Zustande nur in den seltensten Fällen kontinuierliche Massen von solcher Größe, daß man dieselben schon mit bloßem Auge leicht unterscheiden kann. In der Regel erscheint es in kleinere Partien abgeteilt, deren jede mit einer Portion Nuklein versehen ist, und welche ein mehr oder weniger unabhängiges Leben führen. Diese Teile, welche aus wenigstens zwei optisch und mikrochemisch unterscheidbaren Substanzen bestehen, sind es, die man mit dem Namen Zelle oder Plastide bezeichnet.

Verbindung der Zellen. Die Zellen können in ganz isoliertem Zustande leben (manche Protozoen und bestimmte Zellarten bei den Metazoen); sie verbinden sich aber in den allermeisten Fällen und bilden zusammenhängende Gewebe, innerhalb welcher die Zellenelemente mehr oder weniger von einander abgegrenzt sind; die Trennung ist aber nicht immer eine so vollständige, daß zwischen benachbarten Zellen keine protoplasmatische Verbindungsbrücken bestehen bleiben. Vollkommen isolierte Plastiden sind seltener, als früher angenommen wurde, netzartig mit einander verbundene dagegen viel häufiger, als man glaubte. In der Länge, Breite und Anzahl der Verbindungsfäden, durch welche die Zellen untereinander zusammenhängen können, bestehen allerdings die größten Unterschiede, und es kommen sogar alle Übergangsstufen vor, von den aus deutlich abgegrenzten Zellen bestehenden Geweben bis zu den ausgedehntesten, mit regelmäßig eingestreuten Kernen versehenen Plasmamassen oder -schichten, wo die Zellenterritorien nur mit Mühe, oder gar nicht zu unterscheiden sind. Letztere Gewebsform pflegt man mit dem Namen Syncytium zu bezeichnen. Aus dem Gesagten geht

aber zur Genüge hervor, daß zwischen Zellgewebe und Syncytium kein durchgreifender Unterschied besteht.

Definition der Zelle. Wir definieren somit die Zelle als einen mikroskopisch kleinen lebenden Körper, welcher aus strukturiertem Protoplasma und strukturiertem Kerne besteht und wenigstens im Jugendzustande die Fähigkeit besitzt, durch Teilung sich fortzupflanzen. Wo eine einzige Protoplasmamasse mehrere Kerne nicht nur während der Teilungszustände, transitorisch, sondern auch im ruhenden Zustande enthält, da haben wir es nicht mehr mit Zellen, sondern mit Syncytien zu thun.

Die Existenz einer umhüllenden Membran ist für den Begriff der Zelle ebenso unwesentlich wie diejenige von inneren Stützapparaten, oder von anderweitigen Einschlüssen; denn es bestehen solche Gebilde aus relativ oder absolut lebloser Substanz und müssen insofern als etwas der eigentlichen Zelle fremdgewordenes betrachtet werden.

Der Name Protoplasma scheint zuerst von Purkinje in einem dem heutigen ähnlichen Sinne gebraucht worden zu sein. Schleiden bezeichnete die gleiche Substanz mit dem Worte: Schleim, welches jedoch seitdem eine andere Verwendung gefunden hat. Aber erst seit Hugo von Mohl (1846), Max Schultze und Brücke (1861) hat das Wort Protoplasma leichten Eingang gefunden, nachdem genannte Forscher die Identität jener Substanz in Pflanzen- und Tierzellen nachgewiesen und die allgemeine Bedeutung derselben in der Biologie hervorgehoben hatten. Schon früher (1835) hatte Dujardin die Haupteigenschaften der nämlichen Substanz mit großem Scharfsinne erkannt, hauptsächlich bei Protozoen, und mit dem Namen Sarkode belegt. Trotzdem nun Dujardin die Existenz der Sarkode auch bei höherstehenden Tieren nachgewiesen, wurde doch vielfach seine Bezeichnung auf die Protozoen beschränkt und dem Protoplasma der höheren Tiere und der Pflanzen gegenübergestellt. Weder vom historischen noch vom thatsächlichen Standpunkte aus läßt sich eine solche Unterscheidung aufrecht erhalten. Wir nehmen also Sarkode und Protoplasma als durchaus gleichwertige synonyme Ausdrücke an und werden beide ohne Unterschied zur Bezeichnung desselben Gegenstandes bei allen Tiergruppen verwenden.

Indem wir nun diese Ausdrücke auf den Zellenleib anwenden, sind wir uns wohlbewußt, daß wir hiermit keine homogene, einheitliche Substanz bezeichnen. Es zeigt vielmehr das Protoplasma eine Struktur, die es aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt erscheinen läßt. Die allgemeine Bezeichnung des Ganzen auf den einen oder anderen dieser Teile anwenden zu wollen, halten wir für unpassend. Da wir einen Ausdruck notwendig brauchen, um das Ganze zu benennen, so behalten wir lieber zu diesem Zwecke den altherkömmlichen und nehmen neugebildete Wörter für neuentdeckte Dinge in Anspruch.

Formative und geformte Substanzen. Abgesehen von den verschiedenen das Protoplasma zusammensetzenden Substanzen, kommen in demselben ganz konstant noch anderweitige Stoffe vor, welche dem Protoplasma auf mehr oder weniger direktem Wege ihre Entstehung verdanken. Diese von dem eigentlichen Protoplasma überall zu unterscheiden, wäre eine fast unausführbare Aufgabe, denn sie entstehen durch den Stoffwechsel der lebenden Materie, oder sie gehen aus dem Protoplasma durch allmähliche molekulare Veränderungen direkt her-

vor. In beiden Fällen ist eine Entscheidung, wann und wo die Grenze zu ziehen ist, gar nicht denkbar.

Ist der Übergang ein allmählicher, so können wir andererseits die Thatsache nicht in Zweifel ziehen, daß die tierischen Gewebe im Allgemeinen zwei verschiedene Zustände der Materie darbieten, nämlich einen progressiven, beweglichen, fortpflanzungsfähigen und einen regressiven, welcher weder Vermehrungs- noch innere Fortbildungskräfte besitzt. Ersteren kann man als formative oder bildende Substanz von der letzteren, der geformten unterscheiden (Beale). Die letztere Kategorie zerfällt dann wiederum in zwei Unterabteilungen, deren eine lebende, ernährungsfähige Substanzen, die andere leblose, passiv sich verhaltende Teile enthält. Zu den leblosen rechnen wir nicht nur die Intercellularsubstanz, sondern auch die sogen. Zelleneinschlüsse. Über die Berechtigung einer solchen Einteilung der Gewebsbestandteile bestehen keine Meinungsverschiedenheiten, wohl aber darüber, wo die Grenzlinien zu ziehen seien. Wo eine scharfe Grenze nicht existiert, da entstehen stets Streitigkeiten, und es ist hier so weit gekommen, daß kaum ein anderes Gebiet zu so widersprechenden Auffassungen Veranlassung gab, wie dieses.

Die Zell-Membran. Besonders heftig wurde der Streit über die Frage, ob diese oder jene Zellenart oder deren Kern mit einer Membran versehen sei oder nicht. Es liegt in der Natur der Sache, daß in gewissen Fällen Ungewißheit über die Lösung dieser Frage herrscht; der Streit wäre aber von vornherein in engeren Schranken geblieben, wenn man nur über den Begriff der Membran gleich einig geworden wäre.

Membran im histologischen Sinne nennen wir eine aus geformter Substanz bestehende Schicht. Die Zellmembran ist eine aus der Zelle selbst hervorgegangene oder ausgeschiedene Membran; die Kernmembran kann entweder vom Zellplasma oder vom Kerne ausgehen. In keinem Falle aber können wir eine Plasmaschicht, welche eine etwas dichtere, oder sonst von der übrigen Sarkode differenzierte Beschaffenheit besitzt, bloß deswegen als Membran anerkennen, weil man sie optisch oder chemisch unterscheiden kann. Das Kriterium liegt für uns in der Frage, ob die betreffende Materie wirklich schon geformt, oder noch plastisch ist. Wie schwierig es in manchen Fällen auch sein mag, hierüber Gewißheit zu erlangen, so liegt doch kein Grund vor, von unserem ganz richtigen Prinzipe abzuweichen.

Von den sonstigen Merkmalen, die man zur Entscheidung der Frage vorgebracht, ob ein gegebenes Ding Membran sei oder nicht, scheint Folgendes die meiste Beachtung gefunden zu haben: Die Rindenschicht eines Kern- oder Zellenelementes kann durch eine Substanz gebildet werden, welche ein festeres Gefüge besitzt, als der Körper selbst. Ist dieses der Fall, so kann die festere Randschicht nach einwärts in die Körpermasse allmählich übergehen, oder von derselben durch eine scharfe Kontur geschieden sein. Im ersten Falle ist nur eine scharfe Grenzlinie zu sehen, und zwar die äußere; im zweiten Falle läßt sich noch außerdem eine innere Grenze gut unterscheiden. Die doppeltkonturierten Schichten werden nun ziemlich allgemein als echte Membranen betrachtet, die einfachkonturierten dagegen verschiedent-

lich aufgefaßt. In der That wird eine scharfe Begrenzung häufig auf eine Erstarrung der Schicht hindeuten; es ist dies aber noch kein zwingender Grund, auf geformte Substanz zu schließen. Geformte Hüllen können eine einfache Kontur aufweisen, wenn sie so äußerst dünn sind, daß ihre Dicke außerhalb des Begrenzungsvermögens unserer Mikroskope liegt; sonst müssen wir sie als der darunterliegenden Substanz angehörige Schichten betrachten. Die besten Anhaltspunkte zur Beurtheilung dieser Verhältnisse gewinnt man durch Beobachtung der lebenden Zellen; besitzt die betreffende Schicht immer noch die Fähigkeit, sich mit dem Protoplasma ohne weiteres zu vermischen und in demselben aufzugehen, so haben wir es sicherlich nicht mit einer Membran zu thun, wohl aber dann, wenn der Auflösung eine Zerstückelung resp. Verdauung von seiten der Sarkode vorausgehen muß.

Mit Bezug auf die Konsistenz können wir nur solche Schichten als Membranen bezeichnen, deren Gefüge fester ist als dasjenige des Protoplasmas; weichere oder flüssigere Schichten können wir unmöglich als Membranen gelten lassen, sondern bezeichnen dieselben als Hüllschichten. Es liegt keine Notwendigkeit vor, daß Membranen und Hüllschichten kontinuierlich sein müssen; sie können vielmehr durchlöchert, oder mit Porenkanälen versehen sein, oder gar ein netzartiges Gefüge besitzen.

Die Intercellularsubstanz. Innerhalb mehrzelliger Gewebe besteht in den meisten Fällen zwischen den Zellen ein gewisses Quantum geformter Substanz. Diese wird im Allgemeinen als Intercellularsubstanz bezeichnet, insofern nämlich die Masse nicht in gesonderte, den benachbarten Zellen entsprechende Territorien scharf geschieden ist. Wo eine solche Sonderung besteht, da haben wir es nicht mehr mit eigentlicher Intercellularsubstanz, sondern mit Hüllschichten und Membranen zu thun, deren Zusammengehörigkeit mit den einzelnen Zellenelementen keinem Zweifel unterliegt.

In einzelnen Fällen könnte die Entscheidung über die Frage, ob eine gegebene Bildung als Hüllschicht oder als Intercellularsubstanz zu bezeichnen sei, manche Schwierigkeiten bereiten. Hier mögen als Beispiel die Eihüllen citiert werden, welche innerhalb des Ovariums den Eindruck einer Intercellularlage machen können, an dem Ei aber, welches das Ovarium bereits verlassen, als Membranen erscheinen. Bei der Lösung solcher Fragen sollte stets der genetische Standpunkt als Richtschnur dienen.

Die Gewebe. Innerhalb des Metazoenkörpers liegen die Zellenelemente nicht regellos zerstreut, sondern sind nach bestimmten Gesetzen miteinander verbunden. Die Gesetzmäßigkeit der Anordnung hängt einmal mit der Genese und dann mit morphologischen und physiologischen Gestaltungsmomenten zusammen. Gewebe nennen wir einen, mit Bezug auf den mikroskopischen Bau gleichförmig zusammengesetzten Körperbestandteil. Es können die ein Gewebe bildenden Zellenelemente untereinander gleich, oder aber verschiedenartig gestaltet sein. Der einheitlichen Auffassung eines Gewebes thun solche Unterschiede keinen Eintrag, wenn nämlich die verschiedenen Zellenarten in regelmäßiger und gesetzlicher Anordnung miteinander abwechseln.

Die jungen Embryonen der Metazoen besitzen in der Regel einfache und gleichmäßige Gewebe, welche zu einer gewissen Zeit gesonderte Lagen bilden, die wir mit dem Namen Keimblätter bezeichnen. Bei

allen eigentlichen Metazoen lassen sich drei Keimblätter unterscheiden, aus denen alle Gewebe der ausgebildeten Tiere hervorgehen, nämlich: das Ektoderm, oder das äußere Keimblatt (Epiblast), das Mesoderm, oder das mittlere Keimblatt (Mesoblast), und das Entoderm, oder das innere Keimblatt (Hypoblast). Den Begriff eines einheitlichen Gewebes beim Erwachsenen müssen wir nun dahin beschränken, daß dasselbe immer nur aus einem einzigen Keimblatte entstanden ist. Treten zwei Keimblätter zusammen und vermischen ihre Zellenelemente in innigster Weise mit einander, so haben wir es nicht mehr mit einem einheitlichen, sondern mit einem gemischten Gewebe oder einem Organe zu thun. So besteht z. B. das Leberparenchym der Wirbeltiere nicht aus einem, sondern mindestens aus zwei Geweben, welche aus dem Entoderm und dem Mesoderm abstammen.

Die Organe, aus denen der Metazoenkörper aufgebaut ist, können wir definieren als bestimmt gestaltete Teilstücke des ganzen Tieres, welche eine bestimmte Funktion erfüllen. Bei der Abgrenzung und Benennung eines Organes kommt der physiologische Begriff stets in erster, der morphologische in zweiter Linie in Betracht. Sonst schwankt die Auffassung über die Ausdehnung und Abgrenzung des Organbegriffes in den weitesten Grenzen; am wenigsten läßt sich in histologischer Beziehung eine scharfe Definition aufstellen. Es sind uns ja einzellige Organe bekannt, sowie solche, die aus den drei Keimblättern bestehen. Wir unterscheiden danach die homoblastischen, aus einem einzelnen Keimblatte hervorgegangenen Organe von den heteroblastischen, welche ihre Zellenelemente aus zwei oder drei Keimblättern beziehen.

Organapparate nennt man ganze, aus verschiedenen Organen zusammengesetzte Körperteile, insofern alle Bestandteile derselben zur Ausführung einer bestimmten allgemeinen Funktion beitragen und räumlich zusammengehören; Beispiel: das Gehörorgan der höheren Wirbeltiere.

Als Organsysteme faßt man in Bau und Funktion übereinstimmende, wenn auch räumlich abgetrennte Organe zusammen, welche aus den gleichen Gewebsarten bestehen, z. B. das Darmsystem, das Blutgefäßsystem, das Skelettsystem der Wirbeltiere. Eine auf die Organsysteme basierte Einteilung des mikroskopisch-anatomischen Materiales dürfte unserem Zwecke ziemlich gut entsprechen und wurde auch bisher in der histologischen Lehre fast einzig befolgt. Wir ziehen ihr jedoch eine nach genetischen Prinzipien auf die Keimblätterbildung begründete Einteilung mit Entschiedenheit vor.

Außerdem lassen sich folgende Einteilungsprinzipien des tierischen Körpers aufstellen, welche aber nicht auf das ganze Tierreich, sondern nur auf bestimmte Klassen und Ordnungen, als Ausdruck der morphologischen und phylogenetischen Auffassung des allgemeinen Körperbaues Geltung haben.

In seiner einfachsten Gestalt besteht der Körper eines Metazoum aus den drei Keimblättern, aus den Haut-, Darm- und Muskelsystemen, zuweilen auch einem Excretions- und Blutgefäßsystem, sowie Fortpflanzungsorganen, alles aber in ein-

facher, oder in symmetrisch doppelter Anzahl. Ein solches Tier können wir mit dem Namen Henozoum bezeichnen.

Durch Knospenbildung kann aus einem solchen Wesen eine nach mehreren Richtungen wachsende oder verästelte Kolonie hervorgehen, ein Tierstock oder Cormus.

Entwickelt sich die Knospenbildung in einer einzigen Richtung, so geht ein reihenförmiger Tierstock hervor, dessen Folgestücke Metameren heißen.

Durch eine innigere Verbindung der Metameren, welche nach und nach ihre ursprüngliche Gleichartigkeit einbüßen, entstehen Individuen höherer Ordnung (Arthropoden, Wirbeltiere), die man Personen nennt. Ein Cormus könnte sich ebenfalls zu einer Person umwandeln, wenn die Sprossen in nähere Beziehung zu einander träten und eine weitgehende Differenzierung aufwiesen. Dieser Fall zeigt sich jedoch nur selten und dann auch nur teilweise verwirklicht.

Prägt sich am Tierkörper ein symmetrischer Bau aus, so daß die Organe oder deren Teile sich um eine oder um mehrere Flächen ganz genau wiederholen, so nennt man die durch solche Medianebenen abtrennbaren Teile Antimeren. Es können sich Antimeren sowohl an den Henozoen als an den Kormen und an den Personen hervorbilden. Tritt in mehreren Richtungen eine reihenförmige Knospung auf, so kann jedes Antimer eine metamere Bildung aufweisen.

In den Antimeren, sowie in den Metameren, kommen alle Hauptgewebsarten des Tierkörpers zur Ausbildung. Innerhalb der Personen müssen allerdings die Metameren so viel von ihrer Selbständigkeit einbüßen, daß manche Organe und Gewebe nur in einzelnen Metameren sich entwickeln, in anderen dagegen ausbleiben.

Erster Abschnitt.

Der Bau der ruhenden Zelle.

Die Struktur des Protoplasmas. Das Protoplasma oder die Sarkode ist durchweg eine strukturierte, aus verschiedenen Bestandteilen zusammengesetzte Substanz. Im lebenden Zustande erscheint dieselbe zwar in manchen Fällen nahezu homogen; allein die schnell fixierenden Reagentien lassen sofort eine Zusammensetzung aus verschiedenartigen Teilen erkennen. Die Konstanz und Regelmäßigkeit der entstandenen Bilder lassen keinen Zweifel aufkommen, ob diese Strukturen wirklich im Leben schon präformiert und nicht durch die Reagentieneinwirkung neuentstanden sind. Unter besonders günstigen Umständen kann man die einmal gesehenen Strukturen auch am lebendigen Objekte, wenn auch nur andeutungsweise, unterscheiden.

Bei schwacher Vergrößerung macht genannte Struktur zumeist den Eindruck einer einfachen Körnelung und an dicken Präparaten lassen auch starke Linsen in der Regel kein anderes Bild erscheinen. Es kann daher nicht sehr auffallen, daß man so lange Jahre hindurch vom eigentlichen Baue des Protoplasmas nichts wußte und dasselbe als körnige, aber sonst homogene Substanz hinstellte. Erst an dünnen Präparaten, an Zellen, deren Bild durch kein darüber oder darunter liegendes Objekt gestört wird, oder an Querschnitten, welche nur eine dünne Scheibe aus einer Zelle darbieten, erhält man bei günstiger Beleuchtung (Abbe's Concentrator) und mit Hilfe einer guten homogenen Immersionslinse ganz befriedigende Bilder. Als Zusatzflüssig-

keit dient Wasser oder verdünntes Glycerin; gut gefärbte Präparate, in Harzen eingeschlossen, können auch lehrreiche Bilder ergeben.

Das Faden- oder Netzwerk. Es gelang auf diesem Wege, in den bisher darauf untersuchten Zellen stets eine Fadenstruktur nachzuweisen; wenigstens wurde unter Anwendung der neueren Methoden und besserer Linsen noch kein negatives Resultat verzeichnet. Das ganze Protoplasma zeigt sich von stark geschlängelten, selten mehr geraden Fadenbildungen durchsetzt, welche stellenweise zusammentreten oder Teilungen eingehen und eine Art Netzwerk oder Geflecht darstellen. In Gestalt und Zusammensetzung dieses Netzes bestehen übrigens die größten Unterschiede. Nach dem jeweiligen physiologischen Zustande der Zellen können bei derselben Fixierungsmethode bei einem und demselben Objekte recht große Variationen auftreten; ja innerhalb der einzelnen Zelle können Verschiedenheiten bestehen. Beschaffenheit und Größe der Fäden, sowie deren Zahl und Anordnung bedingen diese Vielgestaltigkeit. In wiefern die uns beschäftigenden Strukturen als bleibende oder bloß als vorübergehende Bewegungserscheinungen anzusehen sind, wird in einem späteren Kapitel erörtert werden. Es können auch in demselben Protoplasma zwei verschiedene Fädchensorten gleichzeitig vorkommen, wie z. B. gröbere Balken, deren Zwischenräume durch ein ganz feines Fadennetz ausgefüllt sind. Die Maschen sind entweder polygonal, oder abgerundet, oder in einer Richtung in die Länge gestreckt (Fig. 86). Die

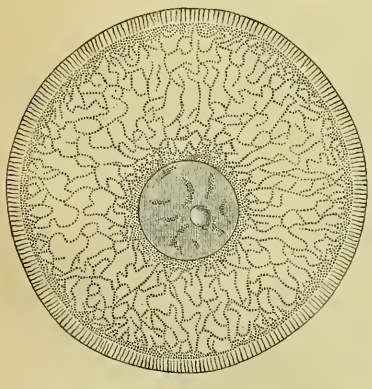


Fig. 85. Fast reifes Ei des Kaninchens. Frischer Schnitt durch das Ovarium, in Humor aqueus untersucht. Nach außen die *Zona radiata*, im Zellenkörper die geknickten Fäden, welche eine Ansammlung an der Oberfläche und um den Kern herum bilden, im Kerne einzelne Fadenstücke und ein großer Nucleolus, nach Flemming.

Fig. 86. Vier Drüsenzellen aus dem Epithel des Endostyles von *Salpa maxima*, vom mittleren Wulste. Längsfädige Substanz am inneren, kernhaltigen, und am äußeren Teile mit einer mehr feinstreifigen Sarkode in der Mitte, nach Fol.

Fäden können regelmäßiges Kaliber und parallele Konturen besitzen, oder variköse Auftreibungen, körnige Auflagerungen darbieten; sie ver-

laufen entweder unter vielfachen Knickungen (Fig. 85), oder sind mehr geschlängelt (Fig. 87), oder können sogar einen mehr steifen Habitus besitzen. Namentlich im letzteren Falle kommt es zuweilen vor, daß sie mehr bündelweise zusammenliegen; sonst nimmt jedes Fädchen für sich isoliert seinen Verlauf.

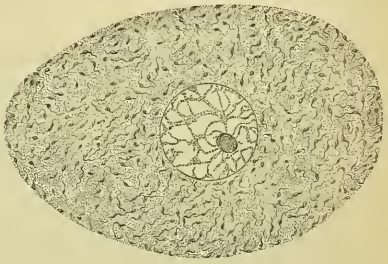


Fig. 87. Spinalganglienzelle, vom Hunde; Schnitt aus einem Chromsäurepräparat mit Hämoxylin gefärbt. Im Zellenleib geschlängelte Fäden mit dickeren Knötchen; beide nehmen die Blauholzfärbung an, jedoch in schwächerem Grade wie der Kern mit seinem netzförmigen Gerüste und dem Nucleolus, nach Flemming.

Es gelang bisher bei keiner Zelle, diese Fadenstrukturen der Sarkode als einen einzigen, knäuelförmig zusammengewundenen Faden darzustellen. Vielmehr begegnen wir überall wirklichen Anastomosen und Teilungen der Fäden, welche eine wirkliche Netzbildung zu Stande bringen. An eine Knäuelbildung dürfte man am ehesten bei den Ganglienzellen der Wirbeltiere denken; es läßt sich aber auch hier diese Vermutung nicht aufrecht erhalten, da sich niemals ein einzelner Faden auf größere Strecken hin verfolgen läßt.

Am schönsten lassen sich die Fäden im isolierten Zustande ohne besondere Kunstgriffe, auch am lebenden Objekte, bei solchen Zellenelementen beobachten, in welchen die Sarkode zwischen großen und zahlreichen hyalinen Einschlußkugeln ein spärliches Netz bildet. Als Beispiele können wir viele Radiolarien, namentlich die Thalassicollen und Collozoen, ferner *Noctiluca miliaris*, und die Eier mancher Tiere, besonders die von *Sagitta* und in minderem Grade diejenigen der Ascariden anführen.

Bei manchen Gewebselementen der höheren Tiere liegen dagegen die Fäden so dicht bei einander, daß man vor lauter Bäumen den Wald nicht sieht, wenigstens nicht auf den ersten Blick.

In solchen schwierigen Fällen bieten die Querschnittspräparate des mit Osmiumsäure oder mit Goldchlorid stark gefärbten Objektes oft recht deutliche Bilder; nicht minder günstig sind die mit Eisenperchlorid brüchig gemachten Elemente, die man durch Reiben mit dem Deckglase in Glycerin zerstückelt. Wurde das Präparat nach der Eisenperchloridbehandlung mit Alkohol gut ausgewaschen, so kann ein Zusatz von Blutlaugensalzlösung die Anwesenheit und Verteilung des Plastins veranschaulichen, indem die Eiweißkörper das Eisen zurückhalten und sich blau färben, das Plastin dagegen nicht.

Die Interfilarsubstanz. Zwischen den Fäden bleiben Räume bestehen, die in den seltensten Fällen fast auf Null reduziert sind, meistens aber an Volumen dasjenige der Fäden übertreffen. Diese Räume werden durch die verschiedensten Substanzen ausgefüllt, welche von flüssiger bis fester Konsistenz sein können, und die man mit den Namen Ein-

schlüsse, Exkrete, Zellsaft belegt hat. In einer und derselben Zelle können recht verschiedenartige Dinge entweder mit einander vermengt oder nebeneinander gesondert vorkommen, und es ist meistens recht schwierig, ein jedes derselben mit einer genauen Bezeichnung zu belegen.

Der Zellsaft, Cytochyl (Cytohyaloplasma). Mit dem Worte Zellsaft oder Cytochyl darf also keine bestimmte Vorstellung von der Natur jener Flüssigkeit verknüpft sein. In den meisten Fällen handelt es sich um eine im Leben zwar flüssige, durch Reagentien aber fixierbare Substanz. Ob nun die feineren Netzwerke, welche zwischen den Plasmafäden auftreten, nicht möglicherweise auf Gerinnung der dünnen Lösung eines Proteïnkörpers beruhen, dürfte in den meisten Fällen fraglich erscheinen, da ja solche Netzwerke im lebenden Zustande nicht zu sehen sind. Wirkliche, mit einer dünnen, nicht gerinnbaren Flüssigkeit erfüllte Räume kommen allerdings vor, werden aber als Vakuolen bezeichnet (Fig. 88). Die Schnelligkeit, mit welcher solche Vakuolen unter Umständen

Fig. 88. *Thalassicolla pelagica.* In der Mitte die dunkele Centralkapsel, welche einen umfangreichen Kern mit Kernfäden enthält. Um diese herum eine Sarkodeanhäufung, welche nach allen Richtungen Pseudopodien entsendet und die mit einer Sarkodeschicht umgebenen Vakuolen zusammenhält, aus Claus, nach Haeckel.

inmitten des Protoplasmas entstehen und wachsen können, deutet darauf hin, daß die Flüssigkeit im Protoplasma bereits in feinverteiltem Zustande

vorhanden war und nicht erst durch Dialyse von einer kolloïden Lösung abgeschieden werden mußte.

Zelleneinschlüsse. Wenn das Protoplasma anstatt der Vakuolen Körperchen von etwas festerer Konsistenz enthält, so werden letztere als Zelleneinschlüsse zusammengefaßt. Eine große Schwierigkeit in der Auffassung der Protoplasmastruktur erwächst aus der Verschiedenartigkeit dieser Einschlüsse. Diejenigen von bedeutenderen Dimensionen werden sofort als solche erkannt; liegen dieselben aber zahlreich nebeneinander im Zellenplasma eingebettet, so wird das Protoplasma immer mehr reduziert und bleibt schließlich nur in Gestalt dünner Scheidewände oder sogar netzartig verbundener Stränge bestehen.

Es fragt sich nun, ob und inwiefern solche Stränge mit der Fadenstruktur kompakter Zellen vergleichbar sind? Beim ersten Blick möchte man den Vergleich für unzulässig halten, weil die zwischen den Einschlüssen gelegene Plasmamasse das ganze Protoplasma mitsammt seinen Fäden und seinem Zellsafte darstellt. Bei näherem Zusehen wird jedoch die Sache zweifelhaft.

In den Leberzellen der Wirbeltiere sieht man nämlich nach dem Tode eine Anzahl größerer Vakuolen, welche mit einer glykogenreichen Flüssigkeit angefüllt sind. Das dazwischenliegende Zellenplasma erscheint nahezu homogen mit nur wenigen kurzen Fadenstücken. Hat man jedoch die noch lebendige Leberzelle momentan durch Osmiumsäuredämpfe fixiert und in absolutem Alkohol isoliert, so überzeugt man sich leicht von der Abwesenheit der Vakuolen und es ergiebt die Jodreaktion, daß die Glykogenlösung durch den ganzen Zellenleib ziemlich gleichmäßig verteilt ist (Ranvier). Dabei zeigt sich, daß der ganze Zellenleib aus einem feinen, gleichmäßigen Plasmanetze besteht; es erwächst nun die Frage, ob diese netzartige Anordnung nicht durch die Verteilung des glykogenhaltigen Saftes in Gestalt feinster Tröpfchen bedingt ist?

So viel steht gegenwärtig fest, daß wir aus Unkenntnis der morphologischen, chemischen und physiologischen Verhältnisse der Zellen manches unter dem Namen Fadenstrukturen zusammenwerfen müssen, was in der That damit nicht zu vergleichen ist. Die gröberen, nachweisbar plastinhaltigen Fäden kann man doch unmöglich mit dem feinen, spongiösen, plastinlosen Netzwerke, wie man es z. B. in den Leberzellen vorfindet, vergleichen. Zur erschöpfenden Behandlung und rationellen Einteilung dieser Strukturverhältnisse fehlen jedoch zur Zeit die nötigsten Daten. Nur die gröberen Fadenstrukturen dürften bei verschiedenen Zellenarten mit einander zu vergleichen sein und einem einheitlichen Begriffe entsprechen. Plastin (Reinke, Zacharias) ist in denselben meistens zugegen. Die feinsten Netzbildungen in den Zwischenräumen und die heterogenen Substanzen, die man in jenen Räumen antrifft, haben dagegen außer den Lokalitätsverhältnissen nichts Gemeinsames mit einander. Die Worte Cytochyl und Zellsaft dürfen zur Zeit noch keinen chemischen oder morphologischen Begriff erwecken.

Zuverlässige Beobachtungen der Fadenstrukturen der Zellenkörper lassen sich nur an gesunden, lebenden Gewebselementen, oder an solchen, die man aus dem lebendigen Zustande plötzlich fixiert hat, anstellen. Im letzteren Falle sollte man stets die nach der Reagentieneinwirkung sichtbaren Strukturen auch am lebenden Objekte, wenn auch nur andeutungsweise, nachzuweisen suchen. In der Regel ergeben die mit Osmiumsäuredämpfen fixierten Objekte diejenigen Bilder, welche mit dem des lebenden Objektes am meisten übereinstimmen. Schnell zerzupfte Gewebe kann man auch durch Eisenperchlorid fixieren, wodurch ebenfalls getreue, aber schärfer gezeichnete Bilder entstehen. Die Flemming'sche Osmium-Chrom-Essigsäure-Mischung

leistet ebenfalls recht gute Dienste. Mit der Chromsäure allein erhält man aber Gerinnungsbilder, deren Unzuverlässigkeit schon dadurch bewiesen erscheint, daß sie überall bei allen Zellensorten in gleicher Form auftreten. Solche Bilder für im Leben präformierte Strukturen zu halten (Heitzmann), erscheint durchaus unzulässig.

Die Protoplasmaschichten, Exoplasma und Endoplasma. An vielen Zellen lassen sich verschiedenartige Protoplasmaarten unterscheiden, welche zumeist in konzentrischen Lagen angeordnet sind. Bei freilebenden Zellen, namentlich bei Protozoen, aber auch beim reifen Ei höherer Tiere fehlt eine besonders zähe, etwas stärker lichtbrechende Schicht von homogenem Aussehen nur selten. Sie fehlt bei perforaten Foraminiferen und einem Teil der Imperforaten, bei *Protomyxa*, *Protamoeba* etc. Nach der Anwendung geeigneter Reagentien erscheint diese Substanz nicht gleichmäßig, sondern bietet ein, freilich sehr dichtes, engmaschiges Netz von Fädchen (Fig. 89). Von der festeren Beschaffenheit dieser Außenzone kann man sich durch Zerdrücken membranloser Protozoen, z. B. Amöben, überzeugen, indem dieselbe dem Drucke ziemlichen Widerstand leistet. Ist dieser Widerstand aber einmal überwunden, so zerfließt das innerhalb der Außenzone befindliche Protoplasma mit Leichtigkeit in das umgebende Wasser. Über die Lebenseigenschaften jener Außenschicht, die wir als Exoplasma bezeichnen wollen, wird im nächsten Abschnitt das Nähere auseinandergesetzt werden.

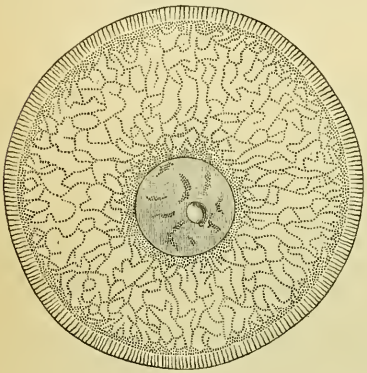


Fig. 89. Fast reifes Ei des Kaninchens, frisch untersucht. Nach außen die *Zona radiata*, im Zellenkörper die geknickten Fäden, welche eine Ansammlung an der Oberfläche und um den Kern herum bilden, im Kerne einzelne Fadenstücke und ein großer Nucleolus, nach Flemming.

Innerhalb des Exoplasmas befindet sich — wo diese Sonderung überhaupt vorkommt — eine mehr körnige Schicht, welche dünnflüssiger ist und schnellere Bewegungen aufweist. In dieser befinden sich die aufgenommenen fremden Körper, wenn solche vorhanden sind. Die Dicke der Innenschicht übersteigt diejenige des Exoplasmas in der Regel um ein Bedeutendes. Wir nennen sie das Endoplasma. Zwischen Exo- und Endoplasma kann die Grenze in einzelnen Fällen ziemlich scharf hervortreten (Amöben, bewimperte Infusorien), in anderen dagegen findet sich ein ganz allmählicher Übergang, welcher nur zeit- und stellenweise schärfer sichtbar wird (*Pelomyxa* und beschalte Süßwasser-Foraminiferen).

Die Lagerung des Kernes. Der Kern liegt in der Regel an der Grenze zwischen beiden Substanzen, jedoch mehr dem Exo- als dem Endoplasma angehörig. Liegt er im endoplasmatischen Raume, so hebt sich von der

exoplasmatischen Wand häufig ein Buckel hervor, in welchem nun der Kern gelagert ist. Hierdurch entsteht das Aussehen, als sei der Kern in solchen Fällen zwar im Endoplasma gelegen, jedoch mit einer besonderen Hülle aus homogenem Plasma umgeben. Daß dem nicht so ist, kann man aus den Seitenansichten und noch besser aus wirklichen Querschnitten durch die Zelle entnehmen. Mitten im Endoplasma liegt jedoch der Kern bei manchen Eizellen und gewissen Gewebszellen der höheren Tiere, sowie auch bei einigen Infusorien. In solchen Fällen zeigt die den Kern unmittelbar umgebende Sarkode eine mehr an das Exoplasma erinnernde Beschaffenheit und kann als dritte Schicht aufgestellt werden.

Es ist hier der Ort, unseren Standpunkt gegenüber neueren Arbeiten über den Gegenstand näher zu erörtern. Die Plasmaschichten, deren Existenz wir unbedingt anerkennen, sind schon seit längerer Zeit von vielen Seiten beschrieben worden (Claparède, Max Schultze, Stein, Bütschli, Fol, van Beneden, Trinchese, Selenka . . .). Eine Scheidung jener Schichten in eine Anzahl Unterabteilungen, wie es A. Brass versucht hat, kann in der ganz überwiegenden Mehrzahl der Fälle keine thatsächliche Stütze finden. Die vom Verfasser angewandte Technik des sehr langsamen Abtötens der Tiere durch verdünnte Merkel'sche Lösung ist offenbar geeignet, eine Schichtensonderung auf künstlichem Wege zu erzeugen.

Die Übereinstimmung unserer Auffassung und Deutung der Fadenstrukturen mit den Arbeiten von Flemming, Carnoy, Leydig u. a. wird leicht in die Augen springen. Nur was die feinsten Fadennetze betrifft, möchten wir unsere Meinung über die Frage, ob solche im Leben schon präformiert seien, noch vorbehalten.

Es sei ausdrücklich hervorgehoben, daß wir solche Fadenstrukturen nicht etwa als feste, unbewegliche, unveränderliche Texturen auffassen. Das Nähere hierüber jedoch im folgenden Abschnitte.

Die Gestalt der Zellen. Die äußere Gestalt der Zellenelemente ist eine mannigfaltige und mit dem jeweiligen physiologischen Zustande einer jeden Zelle wechselnde. Tritt ein Ruhestadium ein, so ballt sich jede noch bewegliche Zelle zur Kugel zusammen, insofern nämlich keine äußeren Hindernisse dem entgegentreten.

Die häufigsten Gestalten, welche die Zellen aufweisen können, sind folgende:

1. Die Kugelgestalt. Beispiele: Die meisten Protozoen, namentlich solche im ruhenden oder encystierten Zustande, Eizellen, Furchungskugeln und embryonale Zellen, Eiterzellen und weiße Blutkörperchen im ruhenden Zustande.

2. Die kurz cylindrische oder abgestutzte Kegelform. Beispiele: Manche Protozoen, *Stentor*, *Codonosiga*, sehr viele Epithelzellen, namentlich solche des Verdauungsrohres, manche Sinneszellen.

3. Die Plattenform. Beispiele: Einzelne Protozoen, *Trypanosoma*, *Leptodiscus*, die *Discoiden* unter den Radiolarien etc., ferner die Elemente der abgeplatteten Epithelien, Epidermis, Wandung der Blutkapillaren etc., die Sehnenzellen der Wirbeltiere u. s. w.

4. Die sternförmige Gestalt. Diese sehr reichhaltige Abteilung zerfällt wiederum in mehrere Gruppen, je nach der allgemeinen Gestalt des Zellenkörpers und seiner Ausläufer.

a. Sonnenförmige Gestalt. Der Zellkörper ist kugelig und entsendet radienartig gestellte unverästelte, dünne Fortsätze. Beispiele: Unter den Protozoen die meisten Heliozoen und manche Radiolarien, die Eizellen der Seeigel und Seesterne während einer gewissen Wachstumsperiode, die Zellen des hyalinen Knorpels der Wirbeltiere. Die Ausstrahlung kann auch einseitig erfolgen, z. B. bei den Monopylarien unter den Radiolarien, bei manchen Acineten unter den Infusorien, ferner bei den Dentinzellen der Säugetierzähne.

b. Verästelte Gestalt. Der Zellkörper kann kugelig, oder in einer oder mehreren Richtungen ausgezogen sein, zuweilen sogar mehr oder weniger abgeplattet (Zellen der Wirbeltiercornea, Fig. 91). Stets sind aber die

Fig. 90. Pigmentzelle von *Mysis*. Bei schwacher Vergrößerung am lebenden Tiere untersucht.

Ausläufer an der Abgangsstelle stark, gegen die Spitze deutlich verästelt. Beispiele: Die meisten Foraminiferen und Radiolarien, einzelne Acineten (*Dendrocometes*), die meisten Bindegewebszellen bei allen Metazoen, die verästelten Muskelzellen der Wirbellosen, die Knorpelzellen bei Cephalopoden, die Tunicazellen der Ascidien, die Knochenzellen der Wirbel-

tiere, die meisten Ganglienzellen (Fig. 92), namentlich die sogenannten multipolaren, die Pigmentzellen (Fig. 90) u. s. w.

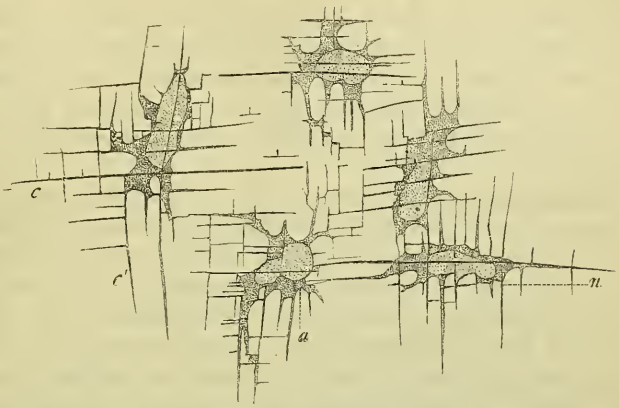


Fig. 91. Cornea vom grünen Frosch, mit Citronensaft und Gold-Kalium-Chlorid behandelt. *a* Zellenkörper, *c* Rinnen zwischen den gekreuzten Fasersystemen, nach Ranvier.

5. Die lang spindelförmige oder faserartige Gestalt — Beispiele: Einzelne Protozoen, wie *Monocystis* u. a., die glatten Muskelfasern, manche Epithelzellen, namentlich bei Coelenteraten und Echinodermen,

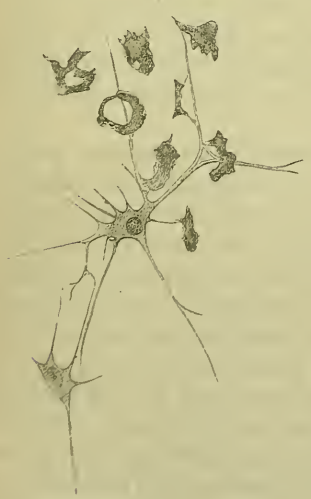


Fig. 92. Nervenzellen von *Velella*.

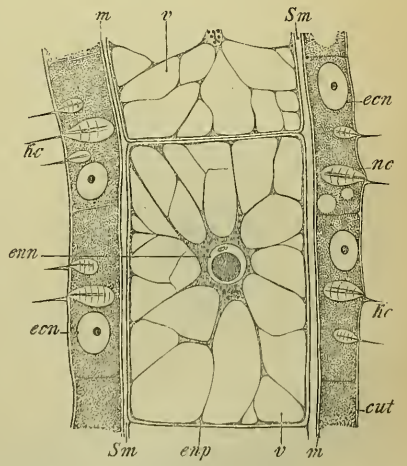


Fig. 93. Ein Tentakel von *Cordylophora lacustris*, *v* die Vakuolenräume der Stützzellen, *enp* die protoplasmatischen Scheidewände zwischen denselben, *enn* der Kern der Stützzelle, nach F. E. Schulze.

sowie bei *Balanoglossus* und zuweilen bei Weichtieren, sowie die Zellen, welche die Linse der Wirbeltiere zusammensetzen, ferner viele Sinneszellen und die meisten Samenzellen.

6. Die Hohlkugel- und die Schachtelform — geht aus der Kugel- oder Cylinderform dadurch hervor, daß im Inneren des Zellenkörpers eine geräumige Vakuole, das sogen. Sekretbläschen, oder ein voluminöser Einschluß entsteht. Es können auch eine ganze Anzahl Vakuolen oder Einschlüsse auftreten. Beispiele: Die so mannigfaltigen und zahlreichen, Sekretbläschen enthaltenden Zellen der Mollusken und Würmer, die Chordazellen der Wirbeltiere, die fälschlich als Knorpel bezeichneten Stützzellen in den soliden Tentakeln mancher Coelenteraten (Fig. 93) und Röhrenwürmer.

Die Fortsatzbildungen der Zellen. Mit der äußeren Gestaltung der Zellen in inniger und wechselseitiger Beziehung stehen die Fortsatzbildungen des Plasmas über die Oberfläche der Zellen hinweg. Es lassen sich deren wenigstens vier Hauptarten unterscheiden: 1. Die buckelförmigen Hervortreibungen einer ganzen Zellenportion. — 2. Die Pseudopodien. — 3. Die Saugfüßchen. — 4. Die Flimmerorgane.

Die buckelförmigen Hervortreibungen. Die Hervortreibung eines bedeutenden Anteils des Zellenplasmas pflegt man als amöboide Fortsatzbildung oder kurzweg als amöboide Bewegung zu bezeichnen, weil man sie am ausgeprägtesten bei gewissen Amöben zu sehen bekommt. Bei der ersten Entstehung derselben bemerkt man, daß die immer mehr anwachsende Vorwölbung aus einer Sarkode besteht, welche eine mehr homogene Beschaffenheit als die übrige Zellsubstanz aufweist (Fig. 94). Besteht eine Sonderung in Exo- und Endoplasma, so beteiligt sich zunächst nur das erstere an der Fortsatzbildung. Nachher rückt die körnige Masse in das Innere des Buckels nach.

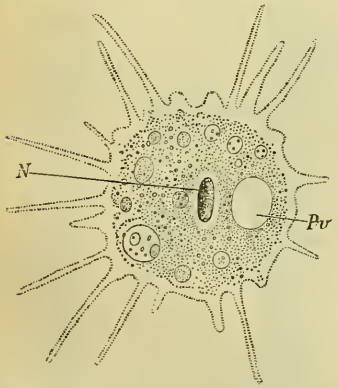


Fig. 94. *Amoeba polypodia*, lebendig, *N* der Kern, *Pv* die pulsierende Vakuole, aus Claus, nach F. E. Schulze (Fig. 11 S. 12).

Sowohl bei Amöben als auch bei nackten Eizellen, bei herausgefallenen Mesodermelementen der Spongien und auch höherer Metazoen, bei den farblosen Blutzellen, den Wanderzellen aus den Mesodermdrüsen des Darmes und manchen Epithelzellen am Darme der Wirbeltiere und der Wirbellosen sind solche dicke Fortsätze eine allgemeine Erscheinung. Da sie aber keinen permanenten Charakter besitzen, sondern vielmehr einem beständigen Wechsel unterworfen sind, so findet ihre genauere Besprechung im vorletzten Kapitel ihren Platz.

Die Pseudopodien. — Durch zahlreiche Abstufungen sind die besprochenen Fortsatzbildungen mit denjenigen von schlanker Gestalt bis fadenförmiger Dünnheit, die man als Pseudopodien bezeichnet, ver-

bunden. Die Übergangsformen finden sich namentlich bei Amöben und Monothalamien, wo nahe verwandte Arten sehr abweichende Gestalten der Fortsätze aufweisen können. Bei einer und derselben Species gehört die Bildung zweier verschiedener Fortsatzformen zu den größten Seltenheiten. Es tritt dieser Fall nur bei den mit starren, wenig beweglichen Pseudopodien ausgerüsteten Heliozoen und Radiolarien auf, deren Körperoberfläche die Fähigkeit besitzt, kurze bewegliche, amöboide Fortsätze zeitweise zu bilden. Vielmehr besitzt jede Species eine für sie charakteristische, ziemlich konstante Beschaffenheit und allgemeine Gestaltung der Sarkodeauswüchse, welche nur geringen Abänderungen unterworfen sind, so daß die Übergänge erst durch Vergleichung verschiedener Tierarten hervortreten.

Von weicher, leichtflüssiger, körniger Beschaffenheit, zeigen die Pseudopodien der Foraminiferen eine große Neigung zur Anastomosenbildung und zu weitgehenden Gestaltsveränderungen; ähnlich verhalten sich die meisten Radiolarien (s. Fig. 88, S. 218). Im Gegensatz hierzu besitzen die Heliozoen und die Acanthometriden in der Regel mehr geradestehende, steife, körnchenarme Pseudopodien von nadelartigem Habitus und trägem Verhalten, welche zur gegenseitigen Verschmelzung und Anastomosenbildung nur geringe Neigung zeigen. Ähnlich verhalten sich die pseudopodienartigen Fortsätze, die man bei den Blutzellen mancher Tiere (*Astacus*, *Arenicola*) beobachten kann. Von den Eizellen und von den Polarzellen können zur Zeit der Entstehung der letzteren ebenfalls feine, steife Pseudopodien ausgehen (*Najaden*, Flemming). — Durch Verschmelzung einer ganzen Anzahl benachbarter Pseudopodien entsteht die schwach bewegliche sogen. Sarkodegeißel der Radiolarien aus der Familie der Disciden und der Spongodisciden.

Fig. 95. *Actinosphaerium Eichhornii*, ein Stückchen der Oberfläche vom lebenden Tiere, stark vergrößert. *N* die Kerne. Die Pseudopodien treten aus der inneren Sarkodemasse zwischen den Vakuolen hervor und enthalten die Stützfäden, aus Claus, nach Hertwig und Lesser.

Achsenfäden der Pseudopodien. Bei einzelnen Gattungen (*Actinosphaerium*, *Actinophrys*, *Actinolophus*, u. a.) können diese sonst temporären Bildungen eine größere Beständigkeit dadurch erreichen, daß sich in ihrem Inneren ein aus geformter Substanz bestehender Achson-

faden ausbildet (Fig. 95). Zur Zeit ihrer Entstehung sollen solche Stützfäden aus Vitellin bestehen (in 10 bis 20 %iger Kochsalzlösung löslich) und die Fähigkeit besitzen, miteinander zusammenzufließen (Brandt). Später verändert sich die chemische Beschaffenheit derselben und wird ihre Wiederauflösung durch das Protoplasma immer schwieriger.

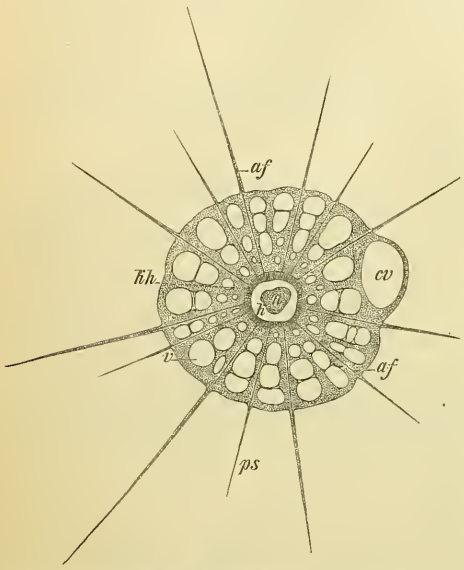


Fig. 96. *Actinophrys sol.* *n* der Kernkörper; *k* die Kernhöhle; *kh* die Kernhülle; *v* eine Vakuole; *cv* eine kontraktile Vakuole; *ps* ein Pseudopodium; *af* der Achsenfaden der Pseudopodien. Originalfigur.

Bei manchen Heliozoen (*Acanthocystis*, *Actinolophus*) erstrecken sich die Achsenfäden der Pseudopodien auch in den Zellenleib und bis zu dessen Centrum (Grenacher, F. E. Schulze). Es läßt sich zur Zeit noch nicht bestimmen, ob die faserartigen Differenzierungen, wie sie zwischen den verhornten Epidermiszellen der höheren Wirbeltiere auftreten und sich in und durch das Innere der Zellen erstrecken (Ranvier, Renaut, auch hierher gehören. Bei der Heliozoengattung *Actinophrys* inserieren sich die centralen Enden der Fäden auf die Membran des Kernes (Fig. 96), ein Verhalten, welches um so weniger auffallen darf, als ja manche der Stützgebilde entbehrende Scheinfüßchen sich bis tief in die Körpermasse verfolgen lassen. Bei *Sticholonche* z. B. entspringen die starken und steifen Pseudopodien mit breiter Basis auf der besonders starken Kernmembran, welche hier gewissermaßen als Stützorgan fungiert (Fig. 97).

Dauerpseudopodien. Je steifer und permanenter die Pseudopodien sind, desto größere Tendenz zeigen sie, an bestimmten gesetzmäßig verteilten Orten der Körperoberfläche ihre Entstehung zu nehmen. Es tritt uns dieses Verhalten schon bei Heliozoen deutlich entgegen; bei Acanthometriden aber stehen die Pseudopodien regelmäßig zwischen den Stacheln oder in polygonalen Figuren um dieselben herum verteilt.

Eine mit Dauerpseudopodien ausgestattete Zelle läßt sich ebensogut als sternförmige Zelle auffassen. Man könnte aus diesem Grunde umgekehrt die Fortsätze an der Oberfläche der Gewebszellen höherer Tiere als Pseudopodienbildungen bezeichnen, eine Auffassungsweise, die man um so leichter verteidigen könnte, als an solchen Fortsatzbildungen in bestimmten Fällen eine Beweglichkeit nachgewiesen wurde

Bindegewebszellen der Cornea, Wanderzellen u. s. w.), in anderen Fällen eine solche vermutet, oder wenigstens deren Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden kann.

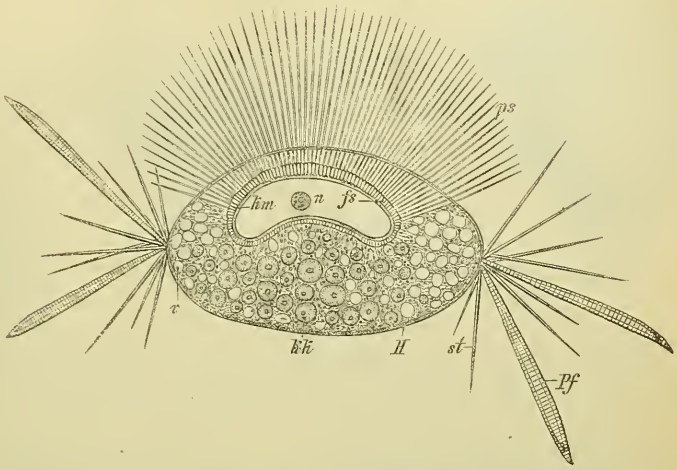


Fig. 97. *Sticholonche zanclea*. *n* der Kernkörper; *km* die Kernmembran; *fs* die Fußstücke der Pseudopodien; *v* die Vakuolen; *kk* die runden Körperchen der Sarkode; *H* die äußere Hüllmembran; *st* die stiletförmigen und *Pf* die pfriemenförmigen Spicula; *ps* die Pseudopodien. Originalfigur.

Die Saugfüßchen. Die für die Saugfunktion speciell eingerichteten Zellenfortsätze haben eine geringe Verbreitung; sie kommen bei der raubsüchtigen, von kleinen Tieren lebenden Infusorienfamilie der Acineten vor. Sie erscheinen als weitere Differenzierung der stumpfen oder pseudopodienartigen Fortsatzbildungen, mit welchen manche Monadinen, sowie die Heliozoengattung *Vampyrella* das Sauggeschäft vollführen. Andererseits dürften die Saugfüßchen der Acineten an die zur Anheftung an fremde Gegenstände dienende Geißel gewisser Monadinen (*Bodo jaculans*, Fisch.) Anschluß finden, da letztere die Unterlage so rasch erfassen und loslassen, daß man dabei unwillkürlich an das Ansaugen denken muß. Noch näher dürften sie mit den tentakelförmigen, radienartig vom Körper abstehenden, cylindrischen, zum Festheften und vielleicht auch zum Anbohren von pflanzlichen Zellwänden dienenden Armen des *Actinobolus* (Stein, Entz) verwandt sein. Letzterer, ein den Wimperinfusorien (wenn nicht etwa einer Acinete als Entwicklungsstadium) angehöriges Tier, sowie die letztgenannten Monadinen, besitzen eine besondere Mundstelle und bedienen sich niemals ihrer Tentakel zur Aufnahme der Nahrung.

Die eigentlichen Saugfüßchen der echten Acineten sind meistens cylindrisch, am Ende quer abgestutzt oder scheibenförmig erweitert, seltener etwas zugespitzt. Es können beide Formen nebeneinander vor-

kommen und scheinen alsdann die spitzen Füßchen als Fangfäden zu dienen (Fig. 98). Sie sind in der Regel einfach, in einzelnen Fällen aber

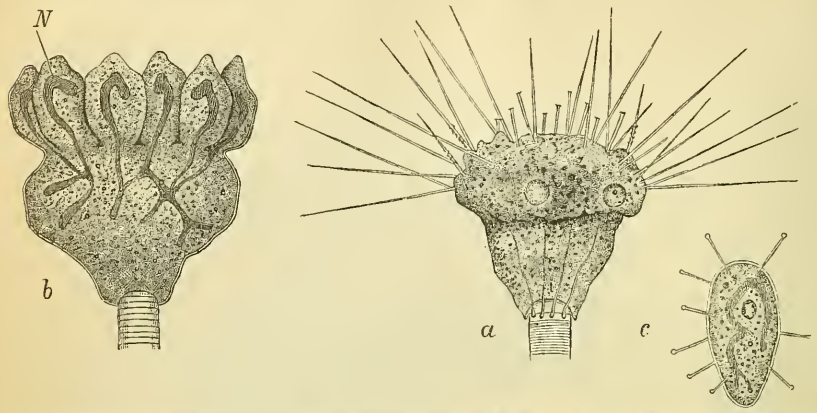


Fig. 98. *Podophrya gemmipara*. *a* ausgewachsenes lebendes Exemplar mit ausgestreckten Saugfüßchen und Fangfäden; *b* knospentreibendes Individuum mit Kernausstülpungen in den Knospen (*N*); *c* Schwärmer, aus Claus, nach R. Hertwig.

baumförmig verzweigt (*Dendrocometes*, *Ophryodendron*). Es sind dies die einzigen Nahrung aufnehmenden Organe des völlig mundlosen Tieres. Von geringer Beweglichkeit, besitzen sie jedoch eine ganz bedeutende Ausdehnungsfähigkeit. Es sind im Ganzen ziemlich beständige Organe, welche nur unter ganz besonderen Bedingungen ganz zurückgezogen werden und in der Körpersubstanz aufgehen können. Ihre Achse wird in der Regel durch feinkörniges Protoplasma eingenommen, während Wände und Spitzen aus dem homogenen Ektosark bestehen. Es läßt sich meistens ein besonderer Protoplasmastreifen von der Basis des Saugfüßchens in das Innere des Infusorienkörpers und sogar bis zur Außenfläche des Kernes verfolgen, wodurch sie an die beständigeren Pseudopodien der Heliozoen und Acanthocystideen erinnern. Über ihre giftigen Eigenschaften, ihre Saugkraft u. s. w. findet sich das Nähere an anderer Stelle.

Die Flimmerorgane. Unter dieser allgemeinen Bezeichnung fassen wir eine äußerst weit verbreitete und vielgestaltige Kategorie von Zellenauswüchsen zusammen, welche uns durch zahlreiche Zwischenstufen von den Wimpern und schwingenden Geißeln bis zu gewissen wenig beweglichen, den Sinnesorganen angehörigen freien Fädchen hinüberführen. Als gemeinsame Eigenschaften können wir nur hervorheben, daß alle, was sie auch sonst für eine Gestalt haben mögen, aus Protoplasma bestehen und in der Regel die Fähigkeit besitzen, in die Sarkode der Zelle ohne Rückstand wieder aufzugehen. Sie führen schnelle, peitschende, sogenannte Flimmerbewegungen aus. Hierdurch werden alle aus geformter Substanz bestehenden starren Borsten, Haken u. s. w. aus der Kategorie der eigentlichen Flimmerorgane ausgeschlossen. Von den Pseudopodien, welche ebenfalls zuweilen Pendelbewegungen ausführen, unterscheiden

sie sich durch konstante, regelmäßige Gestalt und durch rasche, energische Bewegung.

Verbreitung derselben im Tierreiche. Flimmerorgane kommen im ganzen Tierreiche weit verbreitet vor. Nur Pseudopodien führende Protozoen entbehren derselben mit wenigen Ausnahmen. Bei Sporozoen und Nematoden ist bisher noch kein einziges Wimperorgan aufgefunden worden. Bei Arthropoden fehlen dieselben ebenfalls bis auf die Schleifenkanäle von *Peripatus* durchaus. Die cephalopoden Weichtiere und die Wirbeltiere zeigen dieselben im erwachsenen Zustande nur noch stellenweise erhalten, obschon die Larven dieser Tiere zuweilen ein mehr oder weniger verbreitetes Wimperkleid besitzen. Beim erwachsenen Menschen findet man Wimperepithelien nur noch in der Nasen- und Rachenhöhle und ihren Nebenkanälen, der Luftröhre und ihren Verzweigungen, in den weiblichen Genitalien, z. T. in dem Nebenhoden, in den Hirnhöhlen und dem Rückenmarkskanal.

Einteilung der Flimmerorgane. Es lassen sich, der äußeren Gestalt nach, die Flimmerorgane in drei Unterabteilungen bringen: die Wimpern mit Einschluß der Wimperborsten, Wimperhaken u. s. w., die Geißeln, und die Membranellen oder Flimmerplättchen. Die Wimpern umfassen die kürzeren, mehr konisch zugespitzten oder gedrängten Formen; die Geißeln sind mehr länglich, fadenförmig oder cylindrisch; die Membranellen sind membranartig dünn und können länglich mit enger Basis, oder kurz mit breiter Basis der Zelle aufsitzen. Beim Zusammenschlagen krümmen sich die Wimpern nach einer Seite hin, während die Geißeln sich in vielen Fällen wellenförmig, oder in regelmäßiger Spirale zusammenlegen. Die Wimperborsten sind im Verhältnis zu ihrer Länge ungemein dicke gerade Wimpern (Fig. 99 *Aw*); die Flimmerhaken sind haken-

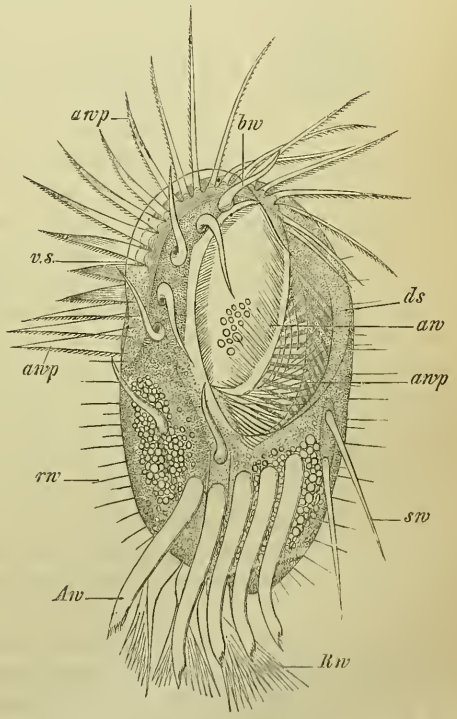


Fig. 99. *Styloplotes Fresenii*. *avp* orale Wimperplättchen; *ds* und *vs* dorsaler und ventraler Mundsaum; *bw* Hakencilien der Bauchfläche; *Aw* hintere, *Rw* Randwimperborsten; *sw* Seitenwimperborsten; *rw* Randwimpern, nach v. Rees.

förmig umgebogen, stark zugespitzt und nur an der Basis beweglich (s. Fig. 99, *b w*).

Entstehung und Einziehung derselben. Die Flimmerorgane entstehen im Allgemeinen durch langsames Hervorwachsen aus dem Zellenkörper, und zwar so, daß die Spitze zuerst erscheint und durch den nachwachsenden mittleren und schließlich inneren Teil nach außen geschoben wird. Es kann diese Wachstumsperiode tagelang andauern, z. B. bei den großen Randwimpern des Segels bei Molluskenlarven (Fol) und Wurmlarven, oder aber binnen wenigen Minuten vollendet sein. Die Einziehung geschieht entweder langsam oder durch schnelles Zusammenschmelzen. Lang bestehende, hoch differenzierte Wimpern werden zuweilen nicht eingezogen, sondern abgeworfen (Molluskenlarven).

Struktur der Flimmerorgane. Eine innere Struktur wurde bisher nur bei sehr starken Wimpern und Geißeln beobachtet. So zeigen die großen Randwimpern am Segel einiger Molluskenlarven schon während des Lebens deutliche Querstreifung an ihrem basalen dickeren Teile. Eine etwas undeutliche Längsstreifung wurde auch an einzelnen dickeren Geißeln notiert. Die Wimperborsten und Wimperhaken oder Griffel zerfallen beim Absterben der Zelle, oder bei der Behandlung mit Essigsäure in zahlreiche Längsfädchen; ebenso verhalten sich die meisten Membranellen (z. B. *Tintinnus*, Sterki). Man hat diese Bildungen aus diesem Grunde als zusammengeklebte. oder zusammengewachsene Flimmerhaare betrachtet. Die meisten Wimpern sind im Ruhezustand nach derjenigen Richtung gekrümmt, wohin sie den Schlag ausführen. Es läßt sich nun zuweilen an ihrer Basis ein Unterschied wahrnehmen in der Beschaffenheit der nach der konkaven oder konvexen Seite der Krümmung gelegenen Substanz. Wo ein solcher Unterschied nicht zu sehen ist, müssen wir ihn schon aus dem Grunde annehmen, daß sich jene Gebilde in der Regel nach zwei Richtungen verschiedentlich bewegen, in der einen rasch und kräftig, in der anderen nur langsam und allmählich. Bei jenen Geißeln, die sich nur spiralig zusammenrollen, muß auch eine spiralige Anordnung der kontraktilen und der elastischen Substanz angenommen werden. Sonst scheinen die Flimmerorgane aus einer homogenen Substanz zu bestehen und nicht einmal eine nachweisbare Membran oder Hüllschicht zu besitzen. Ihre Oberfläche besitzt durchaus nicht jene klebrige Beschaffenheit der Pseudopodien, und eine giftige Einwirkung auf fremde Gegenstände bei der Berührung ist nirgends aufgefallen. Auch von Körnchenströmungen wurde niemals die Spur wahrgenommen, mit Ausnahme der Membranellen an den sogen. Kragenzellen, wo diese Erscheinung jedoch nicht genügend festgestellt wurde.

Verbreitung der verschiedenen Formen der Flimmerorgane. Die bei weitem größte Verbreitung unter allen Flimmerorganen finden die einfachen Wimpern, von den Protozoen an bis zu den Wirbeltieren und dem Menschen. Die meisten Flimmerzellen tragen eine Anzahl Wimpern entweder auf der ganzen Oberfläche (holotriche Infusorien) oder auf einem

beschränkten Teile derselben (hypotriche Infusorien u. a.). Die Wimperzellen der Metazoen gehören stets zu den Epithelien und sind nur an der freien Fläche mit Wimpern ausgestattet (Fig. 100). In den meisten Fällen trägt jede Zelle eine ganze Anzahl parallel nebeneinander stehender kleiner Wimpern. Die Wimperepithelien der Säugetiere und des Menschen gehören hierher. In anderen Fällen sind nur wenige, oder gar eine einzige mächtige Cilie auf jeder Zelle eingepflanzt (Segelrand der Wurm- und Weichtierlarven, Kiemen der Lamellibranchiaten). Die isoliert stehenden, außerordentlich langen Wimpern am Entoderm der Cölenteraten und an gewissen Kiemenzellen der Muscheln bilden den Übergang zu den Geißeln.

Fig. 100. Wimperzelle aus der Schlundröhre des Frosches, durch Macerieren in Jodserum isoliert. *c* Wimpern; *p* Randplatte; *n* Kern; *m* Fußfortsätze, nach Ranvier.

Den Wimpern nahe verwandt scheinen die Flimmerzüngelchen zu sein, welche, je in einer Endzelle der Exkretionsorgane der Plattwürmer und Turbellarien, sowie in der Riechgrube der Appendicularien eingepflanzt, eine lebhafte undulierende Bewegung ausführen. Bei der Behandlung mit Reagentien zeigen sie eine Längsstreifung oder einen Zerfall in Fibrillen.

Die Wimpergriffel und Wimperborsten scheinen auf die Familie der hypotrichen Infusorien beschränkt zu sein. Die Geißeln dagegen kommen bei allen Flagellaten vor und zwar entweder in der Ein- oder in der Zweizahl. Die kleine Flagellatengruppe der Heteromastigoden trägt am vorderen Körperende zwei sehr ungleiche Geißeln, deren eine nach vorne gestreckt ist und schwingt, die andere nach hinten gerichtet und nachgeschleppt wird.

Zwar weniger verbreitet als die eigentlichen Wimpern, sind die Membranellen dennoch bei vielen Klassen des Tierreiches vertreten: bei Infusorien, bei den Spongien, und an den Spermatozoen einiger Wirbeltiere.

Die Hauptgestalten der Membranellen. Im Verhältnis zur Größe der Zelle dürfte die Flimmermembran der Flagellatengattung *Trypanosoma* als am meisten entwickelt anzuführen sein; namentlich bei *T. Balbianii*, wo der schlank spindelförmige Körper der ganzen Länge nach von einer undulierenden Membran begleitet wird, die ihm ansitzt, etwa wie die Fahne dem Schafte. Ähnlich verhalten sich die Spermatozoen bei einer gewissen Anzahl höherer Tiere. Als schönstes Beispiel sind die Samenkörperchen der Tritonarten allbekannt; die übrigen Lurche zeigen aber auch die gleiche Eigentümlichkeit. Der Rand der undulierenden Membran läuft nicht verdünnt aus, sondern bildet eine wulstige Ver-

dickung, welche dem Spermatozoenschwanz oder der Geißel ähnlich sieht, sich aber von diesen durch leichte Löslichkeit in einer Kochsalzlösung und leichte Zersetzbarkeit durch Fäulnis unterscheidet. Es beschreibt die Anheftungslinie der Membran an der Geißel keine Spiralwindungen, wie man es dem ersten Aussehen nach glauben sollte, sondern eine gerade Linie. Die wellenförmige Kräuselung der Membran ist es, welche ihr das Aussehen verleiht, als sei sie schraubig um die Geißel gewickelt.

Eine weite Verbreitung unter den bewimperten Infusorien finden schwingende Membranen von geringer Ausdehnung, welche den Mundeingang umsäumen (*Condylostoma*, *Pleurotricha*, *Urotricha*). Sie zeichnen sich durch große Zartheit vor den vorerwähnten aus, indem der Rand keine Verdickung zeigt, sondern so dünn ausläuft, daß man die äußere Grenze nur mit Schwierigkeit wahrnehmen kann. Eine eigentümliche Gestalt und Anordnung zeigen diese Gebilde bei den Infusorien aus der Familie der Tintinnodeen. Hier besitzen die schwingenden Membranen die Gestalt von kleinen, am Rande etwas zerfransten Schaufeln, welche am Rande des oberen scheibenförmigen Körperteiles des Tierchens kreisförmig eingepflanzt sind, jedoch so, daß jedes Plättchen über den Rand des nächsten dachziegelartig übergreift. Die Fasern am freien Rande der Schwingplättchen sehen gewöhnlichen Wimpern täuschend ähnlich, und so ist denn auch hier ein Übergang zwischen beiderlei Gebilden gegeben.

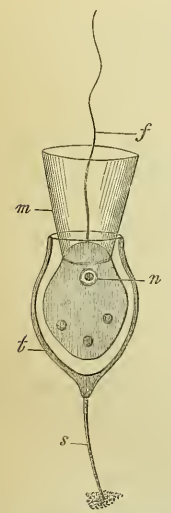


Fig. 101. *Salpingoeca convallaria*, am Leben. *f* die Geißel; *m* die kragenförmige Membranelle; *n* der Kern; *t* die gehäuseartige Hülse; *s* der Stiel, nach Stein.

Ein hohes morphologisches Interesse gewinnen die becherförmigen Schwingmembranen — auch als »Kragen« bezeichnet — dadurch, daß sie bei zwei sehr verschiedenen Tierklassen in fast identischer Gestalt auftreten und von gewisser Seite als Verwandtschaftszeichen jener Tiere aufgefaßt wurden (S. Kent). In beiden Fällen sitzt der Kragen um das dickere freie Ende des zapfenförmigen Zellenelementes oder Zellentierchens und umgiebt ein kreisförmiges Feld, dessen Centrum eine lange Geißel trägt (Fig. 101, *f* und *m*). An der Basis der Geißel befindet sich eine weiche bewegliche Protoplasmamasse, welche zur Aufnahme der Nahrung besonders geeignet ist. Ob hier in gewissen Fällen eine differenzierte Mundstelle existiert, bleibt fraglich. Diese Organisation bieten einerseits eine Anzahl Flagellaten, die man deswegen von den übrigen unter dem Namen Choanoflagellaten (S. Kent) abgetrennt hat, andererseits aber auch diejenigen Entodermzellen, welche bei den Spongien die Wimperkammern auskleiden. Diese Strukturähnlichkeit der Kragenzellen der Schwämme mit den Choano-

flagellaten scheint besser durch Anpassungskonvergenz, als durch ursprüngliche Verwandtschaft der beiden Tiergruppen erklärt werden zu können.

Die Verteilung der Flimmerorgane auf die Zellen. Was nun das Verhältnis der Flimmerorgane zu den sie tragenden Zellen betrifft, so führt in der Regel jede Zelle bei den Metazoen nur eine einzige Art dieser Organe. Ausnahmen bilden nur die mit Cilien und Membranellen zugleich ausgestatteten Samenfäden und die Geißel- und Kragenzellen am Entoderm der Schwämme. Bei Infusorien dagegen können alle Arten der Flimmerorgane nebeneinander vorkommen und dient deren Stellung, Zahl und Beschaffenheit zur systematischen Einteilung jener Protozoen.

Es ist etwas zweifelhaft, ob man noch den Wimper- oder Geißelbildungen gewisse voluminöse Körperfortsätze zuzählen kann, wie z. B. den sogen. Tentakel der *Noctiluca*-ähnlichen Cystoflagellaten. Derselbe besteht aus einer Hüllschicht, welche nach der Fixierung als deutliche, an der Oberfläche mit queren Furchen dichtbesetzte Membran erscheint. Die innere Substanz zeigt eine Längsstreifung und auf der beim Aufrollen concaven Seite auch deutliche Querstreifung. Beide Erscheinungen sind auf die Existenz eines Fadennetzes mit rechtwinkeligen Maschen zurückzuführen (Bütschli).

Die besonderen Strukturen der Flimmerzellen. Die Flimmerorgane wurzeln in der Regel in dem Innern der Zelle und setzen sich in das Fadennetz des Zellenleibes fort. Der Zusammenhang einer jeden Cilie mit einer oder mehreren Fasern, welche sich in der Verlängerung des Flimmerorganes in die Zelle hinein fortsetzen, läßt sich meist ohne besondere Schwierigkeit nachweisen. Wimperepithelzellen zeigen stets an ihrem bewimperten Rande eine auf die Oberfläche senkrecht zulaufende Faserung. In einzelnen Fällen sieht man ein Bündel paralleler Fasern, deren jede einer Cilie entspricht, tief bis in die Gegend des Kernes eindringen (namentlich schön am Darmepithel der Süßwassermuscheln, Engelmann, Eberth).

Fig. 102. Flimmerepithelzelle aus dem Darme von *Cyclas*, aus Toldt, nach Engelmann.

Bei Wimperepithelzellen zeigt derjenige Rand, dem die Cilien aufsitzen, eine mehr oder weniger starke homogene Schicht, welche bei der Seitenansicht als Saum erscheint. Diesen Randsaum hat man irrtümlich für eine Cuticula gehalten; es mag derselbe ein festeres Gefüge besitzen, als das übrige Protoplasma, da er aber nicht aus geformter Substanz besteht, so kann man ihn unmöglich den Cuticularbildungen anreihen. Bei genauem Zusehen zeigt sich diese Schicht von senkrecht zu ihrer Oberfläche gestellten Porenkanälen durchsetzt, durch welche die Zellenfasern sich mit den Cilien in Verbindung setzen. In einzelnen Fällen mag auch die ganze Schicht in Prismen zerfallen, deren jedes einer Wimper entspricht (Fußstücke, Engelmann, in seiner

Achse aber von der Faser durchsetzt wird. In einzelnen Fällen wurden am Zellenrande kernähnliche, für Kernfärbungsmittel besonders empfängliche Körperchen an der Basis der größeren Wimpern oder sogar mehrere Lagen solcher Körnchen in vertikalen Linien und eine viel kompliziertere Struktur der Säulen und Zwischensäulen, namentlich an den Darmepithelien der Säugethiere beschrieben und abgebildet (Frenzel, vergl. auch *Dentalium*, Fol), sowie an der Basis der Membranellen der Tintinnusartigen Infusorien (*Codonella*, Entz, Fol) beobachtet.

Zum Studium der Wimperepithelzellen empfiehlt sich die Rachenschleimhaut der einheimischen Amphibien, die man mit einem scharfen Instrumente abschabt und in einem Tropfen Wasser verteilt, um die Wimperbewegung zu studieren. Die Struktureigentümlichkeiten der Wimperzellen bringt man am besten zur Anschauung, wenn man dem Tiere den Kopf abschneidet, die Rachenschleimhaut mit Eisenperchloridtinktur betupft, mit oxalsäurehaltigem Alkohol auswäscht und nun die abgeschabten Fetzen in Glycerin zerzupft; zum Färben dienen entweder Gallussäure, Blutlaugensalzlösung oder die gewöhnlichen Färbungsmittel. Man untersuche ferner die frisch abgeschnittenen Kiemenblättchen einer Teichmuschel im Wasser, die Darmepithelien derselben oder von *Cyclas* im Blute des Tieres, lebende hypotriche Infusorien und das Segel von Rädertierchen in abgekochtem Wasser oder bei Zusatz von etwas salzsaurem Cocaïn, welches die Flimmerbewegung verlangsamt. Eine kleine Beimengung feinverteilten Karmines läßt die Bewegung deutlicher wahrnehmen. Zum Fixieren dienen Osmiumsäure, Flemming'sche Lösung oder Eisenperchlorid. Membranellenbewegungen kann man entweder an den Samenfäden von *Triton*, oder an den auf Wasserpflanzen und den Antennen kleiner Krustentiere häufig vorkommenden Choanoflagellaten studieren. Das Studium der Faserverlängerungen der Wimpern in der Zellsubstanz erfordert gehörige Fixierung und sorgfältiges Zerzupfen, oder die Anfertigung dünner Längsschnitte durch die Epithelzellen.[1]

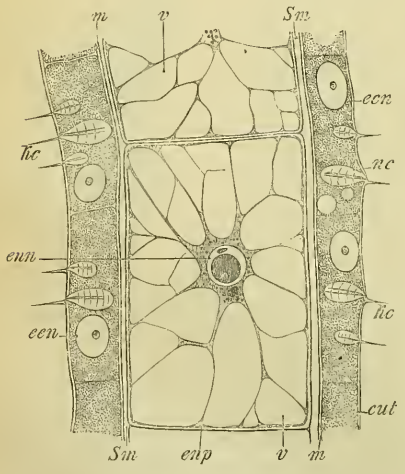


Fig. 103. Tentakel von *Cordylophora lacustris*. *ecn* der Kern der Ektodermzellen; *m* die Basalmembran; *cut* die äußere Cuticula derselben; *nc* die Nesselkapseln; *kc* die Cnidocile, nach F. E. Schulze.

Die Cnidocile. Als Übergangsform zwischen den Flimmer- und den sensitiven Fortsatzbildungen der Zellen erscheinen die bei Cölenteraten weit verbreiteten sogenannten Cnidocile. Es sind dies kurze, etwas plumpe Härchen, welche den einzelnen nesselkapselnführenden Exodermzellen aufsitzen, und zwar so, daß einer Kapsel niemals mehr als eine Cilie beigegeben ist. Man hat sie verschiedentlich als Borsten oder als weiche Fortsätze der Zellsubstanz aufgefaßt; letztere Ansicht dürfte durch die chemischen Reaktionen bewiesen sein. Die Einen haben sie als bewegliche, Andere als starre Organe hingestellt. In der That werden ihre Bewegungen nur zeitweise ausgeführt, und können entweder

langsam, oder ruckweise geschehen. Die Cnidocilien sitzen der Nesselzelle seitlich von der äußersten Spitze der Nesselkapseln an und scheinen hauptsächlich Tastorgane zu sein[1]).

Die Sinneshärchen. Eine mannigfaltige und äußerst weit verbreitete Kategorie von äußeren Fortsatzbildungen der Zellen stellen uns die sensitiven Härchen und Zapfen dar, welche sich an der Epithelien-Oberfläche der Metazoen entwickeln. Dieselben scheinen, soweit bis jetzt bekannt, den Protozoen zu fehlen. Bei Metazoen kommen sie, abgesehen von sehr seltenen Sinnesorganbildungen des Entoderms, ausschließlich auf dem Exoderm vor.

Es sind gerade gestreckte, in der Regel sehr dünne, allem Anscheine nach meistens unbewegliche Protoplasmafädchen. Dieselben bestehen aus körnigem, zuweilen auch gestreiftem Protoplasma von so zarter Beschaffenheit, daß es den äußeren Einflüssen, der Zersetzung nach dem Tode, oder dem Angriffe der meisten Chemikalien in kürzester Zeit unterliegt. Nur mit den rasch wirkenden und schonendsten Fixierungsmitteln, namentlich mit den Osmiumsäuredämpfen gelingt es, sie für die mikroskopische Untersuchung dauernd zu erhalten.

Die Eigentümlichkeiten der Sinneshärchen. Anatomisch besitzen die Sinnesfäden kein auffallendes Merkmal, wodurch man dieselben von Cilien oder Geißeln mit Sicherheit unterscheiden könnte. Der Nachweis ihrer percipierenden Sinnesfunktion muß vielmehr in den Lagerungsverhältnissen und den Verbindungen der sie tragenden Epithelzellen gesucht werden. Liegen die fadentragenden Zellen in einem Organe dicht angehäuft, welches man aus anderweitigen Gründen als Sinnesorgan betrachtet, oder läßt sich eine Verbindung jener Zellen mit Nerven oder Ganglienzellen nachweisen, so kann man über ihre physiologische Bedeutung schwerlich im Zweifel sein. An und für sich sind nur die Endzellen des Sehorganes durch Pigmentierung oder durch cuticulare Nebenapparate des Endfädchens (Stäbchen und Zapfen) erkennbar.

Die besonderen Merkmale der Endorgane eines jedes Sinnes. Was von der Eigenschaft der Fädchen als Sinnesendorgane gesagt wurde, gilt in noch höherem Maße von der speziellen Bestimmung desjenigen Sinnes, den eine fadentragende Zelle zu vermitteln hat. Läßt sich aus der Analogie und aus allgemein anatomischen Gründen die Bestimmung der Seh- und Gehörorgane, namentlich wo solche örtlich konzentriert sind und eine höhere Ausbildung erreichen, mit Leichtigkeit feststellen, so stößt man bei der Deutung zerstreut an der Körperoberfläche liegender Sinneshärchen auf die größten Schwierigkeiten und bieten in dieser Hinsicht die Tast-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen der Wirbellosen ein fast unlösbares Rätsel. Es läßt sich hierüber im Allgemeinen nur aussagen, daß die Endorgane des chemischen Sinnes (Geruch und Geschmack) aus

1) Man verwechsle nicht die Cnidocilien mit den Nesselfäden, wie es auf S. 117 der französischen Auflage eines neu erschienenen Lehrbuches der praktischen vergleichenden Anatomie geschah!

der Hautoberfläche nur wenig hervorstehen, eine besonders zarte Beschaffenheit besitzen und meistens in einem schleimigen oder gallertartigen Sekret eingehüllt liegen, während die Tasthaare steif hervorstehen und eine festere Konsistenz zeigen. Unter Tasthaaren sollte man jedoch nicht bloß solche Haare verstehen, die nur durch Berührung fester Körper eine Empfindung erhalten, sondern auch diejenigen, welche schon durch die Strömungs- und Wellenbewegungen des Wassers und der Luft affiziert werden und so Empfindungen erzeugen können, welche insofern mehr dem Tastsinn angehören, als die Schwingungen zu langsam sind, um eine eigentliche Gehörsempfindung hervorrufen zu können. In diesem Sinne kann man die Sinnesorgane der Seitenlinie bei Fischen, Amphibien (F. E. Schulze) und einigen Anneliden (Capitelliden, Eisig) zu den Tastorganen sensu latiore rechnen; dieselben besitzen mit längeren Haarbildungen versehene Endzellen, während die becherförmigen Organe am Kopfe derselben Tiere mit kürzeren und noch zarteren Haaren versehen sind und als Geschmacksknospen betrachtet werden.

Fig. 104. Geschmackszellen aus den seitlichen Organen des Kaninchens. *a* Isolierte Geschmackszellen; *b* eine Geschmackszelle mit zwei Deckzellen im Zusammenhange, aus Stricker, nach Engelmann.

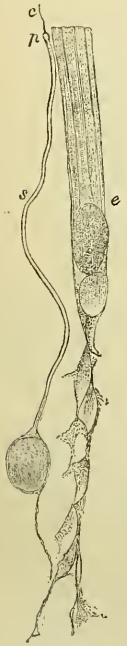


Fig. 105. Riechzelle (*s*) und Epithelzelle (*e*) von *Salamandra maculosa*, in 1/3 Alkohol und Osmiumsäure isoliert. Pikrokarmin, Glycerin; *p* Endteil der Sinneszelle; *c* Sinneshärchen, nach Ranvier.

Morphologisch sind die Unterschiede in den meisten Fällen zu gering, um daraus auf die Funktion schließen zu können; namentlich können wir über den Grad der Spezialisierung einer Empfindung, welche übrigens zum großen Teile vom percipierenden Centralorgan abhängt, nur durch direktes Experiment Aufschluß erhalten; dazu eignen sich leider am wenigsten die niederen Tiere, bei welchen minder distinkte Empfindungen vermutet werden.

Die Endorgane des chemischen Sinnes. Bei Arthropoden bietet das Verhältnis der Endteile des Sinnesapparates mit der allgemeinen Chitinbedeckung des Körpers ein erwünschtes Kriterium; wo diese Chitinhülle durchbrochen ist, um den Sinnesfaden in direkte Berührung mit dem umgebenden Medium zu bringen, da haben

wir es offenbar mit Organen des chemischen Sinnes zu thun. In hohle Chitinhaare eingehüllte Endapparate mögen dagegen der Tast- oder Gehörsempfindung angehören. — Jene Geruchs- oder Geschmacksendorgane der Wasser- und Landarthropoden zeigen nun eine verhältnismäßig sehr dicke, zapfenförmige Fortsatzbildung der gekernten Endzellen. Freilich darf man nicht den ganzen Endzapfen als Plasmafaden betrachten, sondern nur die Achse desselben, welche in einer mehr hyalinen, möglicherweise geformten Substanz liegt.

Die Endteile des Sehorganes. Das nämliche Verhalten zeigen die zur Lichtempfindung bestimmten Endzapfen und Stäbchen, welche als Verlängerungen der Endzellen der Retina in zusammengesetzten Augen auftreten. Als direkte Fortsetzung der Sarkode der Sinneszelle erscheint nur ein aus feinkörniger Substanz bestehender Faden, welcher zuweilen durch den Achsenteil des Stäbchens oder Zapfens sich hinzieht. In anderen Fällen (Wirbeltiere) sind mehrere Fäden statt eines einzigen vorhanden, welche den Zapfen der Länge nach begleiten und in seichten Rinnen in dessen Oberfläche eingebettet liegen (Hoffmann). Das Stäbchen selbst besteht aus einer hyalinen Substanz, welche in der Regel deutliche Querstreifung aufweist und, soweit sich urteilen läßt, aus geformter Substanz zu bestehen scheint. Daß diese Fadenbildung für die Lichtperception nicht unumgänglich notwendig ist, sondern nur zur Verfeinerung derselben beiträgt, beweisen diejenigen Fälle, wo die Lichtempfindung in einfachen Cylinderzellen zu Stande kommt, wie z. B. in den Pigmentflecken des Mantelrandes einiger Muscheln (Sharp), sowie in den schon komplizierteren Augen der Strudelwürmer und der Gasteropoden.

Fig. 106. Retinastäbchen von *Triton*, in Humor aqueus isoliert; *n* äußeres Stück mit den Längsfurchen, deren eine tiefer ist als die übrigen; *a* Zwischenkörper; *b* Nebenkörper, nach Ranvier.

Ob die Endfäden an der Retina der Cephalopoden hierher gehören, d. h. ob sie als bloße Verlängerungen der unterliegenden Endzellen zu betrachten sind, erscheint sehr fraglich, seitdem dieselben sich als direkte, durch die Endzelle bloß hindurchtretende Fortsetzungen der Nervenfibrillen herausgestellt haben (Grenacher). Ein ähnliches Verhalten der Nervenendfädchen wurde auch in den Gehörorganen der Heuschrecken festgestellt (Hensen).

Die Endorgane des Gehörs. Mannigfache geißel- und fadenförmige Fortsatzbildungen der Sinneszellen werden an den ausgebildeten Gehörorganen angetroffen. Dieselben können eine lebhafte Flimmerbewegung zeigen, ganz wie gewöhnliche Cilien (Gehörblase der Süßwassermuscheln), oder steif in die Gehörblasenflüssigkeit hineinragen (Heteropoden). In anderen Fällen liegen sie in einer schleimigen oder gallertigen Masse eingebettet und können zum Teil verhornen. An den Maculae acusticae des Recessus utriculi und den Cristae acusticae der Ampullen der Wirbeltiere kommen bündelweise mit einander verklebte Härchen vor (Hensen, Retzius). Im Schneckengange tragen die sogen. Här-

chenzellen kurze steife, möglicherweise verhornte Fädchen. Bei den Arthropoden liegen die Sinnesfäden für Wellenbewegungen entweder in einem verschlossenen Chitinrohre, welches tief im Körper liegt, oder aber in hohlzapfenförmigen Chitinhaaren eingeschlossen, welche beweglich auf der Cuticula eingelenkt sind; in letzterem Falle findet die Empfindung an der Basis des Haares statt. Es können somit diese Endfädchen nicht als eigentliche Sinnesendteile gelten, weil die percipierende Stelle an die Ursprungsstelle derselben aus der Gehörzelle verlegt ist, sondern fallen vielmehr in die Kategorie der haarbildenden Zellenfortsätze der Arthropodenhaut. Bei den skolopalen Gehörorganen dagegen verlängert sich die Sinneszelle in einen feinen Achsenfaden, welcher die als Chorda bekannte Chitinröhre durchsetzt und an der Querscheidewand mit einem einfachen oder doppelten Knöpfchen sich ansetzt (A. B. Lee).

Übersichtliche Einteilung der Zellenfortsätze. Die Fortsatzbildungen der Zellen haben somit folgende Verrichtungen zu erfüllen, nach welchen sich ihre Gestalt und Struktur richtet:

1. Die Nahrungsaufnahme — Pseudopodien, Verbindungsbrücken der Gewebszellen mit einander, Saugfüßchen.

2. Die Bewegung (und auch die indirekte Nahrungsaufnahme bei Gegenwart eines Mundes) — Geißeln, Cilien, Flimmermembranen.

3. Die Ausscheidung hervorstehender Hartgebilde (Skeletbildende Pseudopodien der Rhizopoden, insbesondere der Radiolarien, Zellenfortsätze zur Ausscheidung der Chitinhaare der Arthropoden).

4. Die Perception von Sinneseindrücken, namentlich des Geruchs, Geschmacks und des Tastsinnes, zuweilen auch des Gehörs und des Gesichts.

5. Endlich die Vereinigung von Zellen resp. von Geschlechtsprodukten, worüber jedoch das Nähere im Kapitel über die Vereinigung von Zellen nachzuschlagen ist.

Der Zellenkern. Die ganz überwiegende Mehrheit der Zellenelemente ist mit einem scharf umschriebenen Binnenkörper von eigentümlicher chemischer Zusammensetzung versehen, den man als Kern bezeichnet. Mit Hilfe der heutigen Technik giebt es kaum eine leichtere Aufgabe, als den Nachweis für die Anwesenheit dieses Gebildes. Alle saueren Fixierungsmittel, namentlich die Essigsäure, machen den Kern sofort sichtbar, und die meisten Tinktionsmittel (s. S. 181) erteilen ihm eine besonders starke, oder gar eine ausschließliche Färbung. Im lebenden Zustande dagegen ist er meistens so blaß und nähert sich sein Brechungsvermögen dem des Zellenplasmas so sehr, daß er in keinem Falle eine augenfällige Erscheinung ist: ja es kommen sogar manche Zellenarten vor, an denen man den Kern unmöglich sehen kann, solange nicht eine tiefeingreifende pathologische Änderung der Zelle eingetreten ist. Am deutlichsten sieht man den Kern in denjenigen Zellen, wo das Protoplasma durch zahlreiche Einschlüsse verdunkelt ist und der Kern wegen der Abwesenheit jener Nebenprodukte in seinem Innern als heller Fleck erscheint, z. B. in den ausgebildeten Eizellen mancher Tiere, Pigment-

zellen u. s. w. Noch besser kann man ihn unterscheiden, wenn die Sarkodeeinschlüsse eine durchsichtige, homogene, obgleich ziemlich stark lichtbrechende Beschaffenheit besitzen, wie es bei den pelagischen, glasartig durchsichtigen Tieren der Fall ist. Hier ist der Kern ebenfalls gewissermaßen negativ sichtbar wegen des schwächeren Glanzes, welchen die Abwesenheit dieser stark lichtbrechenden Teile in seinem Innern bedingt.

An dem Kern kann man nun folgende Bestandteile unterscheiden:

1. **Der Kernsaft oder Karyochyl,** eine im frischen Zustande homogen aussehende Grundsubstanz, die man gewöhnlich mit dem Namen Kernsaft belegt. Letztere Bezeichnung hat ihren Grund in der im Vergleich zum Zellenplasma allerdings ziemlich dünnflüssigen Beschaffenheit jener Substanz; sie ist aber nicht flüssig im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern gallertartig und kolloid nach Art der Eiweißkörper und der lebenden Sarkode. Ihre Dichtigkeit schwankt zwischen weiten Grenzen, wie ihr abweichendes Verhalten gegen Reagentien, namentlich bei der Erhärtung mit Müller'scher Flüssigkeit bei verschiedenen Zellenarten und verschiedenen physiologischen Zuständen der Elemente beweist. Die Kernfärbungsmittel werden von dem Kernsaft entweder gar nicht oder nur wenig festgehalten. Ob dieses schwache Färbungsvermögen der Grundsubstanz angehört, oder von einer Chromatinbeimengung herrührt, läßt sich zur Zeit nicht bestimmt sagen.

Man kann sich am besten von der Anwesenheit und der plasmatischen Beschaffenheit dieser Grundsubstanz überzeugen, wenn man lebensfrische Zellen, z. B. diejenigen der Oberhaut der Amphibien oder Ganglienzellen des Centralnervensystems u. a. mit Osmiumsäure fixiert und in Müller'scher Flüssigkeit einlegt. Nach einigen Tagen ist der ganze Kern zu einer dunklen, kompakt aussehenden Masse geronnen, welche das frühere Volumen des Kernes beibehält und dennoch von Flüssigkeitsräumen nicht die Spur entdecken läßt. Durch Hämatoxylinfärbung läßt sich, wenn die Einwirkung des Chromsalzes nicht zu lange fortgesetzt wurde, in einem solchen Kerne das Chromatingerüst noch nachweisen, zum Beweis, daß es sich hier nicht etwa um eine Verquellung der festeren Teile des Kernes handelt (Pfitzner).

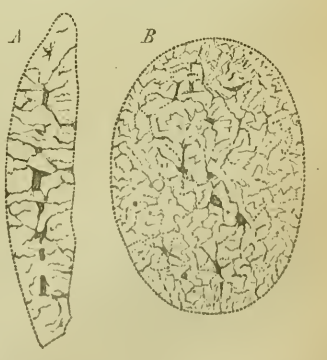


Fig. 107. Kernnetz *A* eines Muskelkernes, *B* eines Epithelzellenkernes von *Salamandra*, nach Flemming.

2. **Der Kernfaden, das Kerngerüst, Karyomiton.** Eine im frischen Zustande nur bei besonders günstigen Objekten (Ei vom Seeigel, Speicheldrüsenzellen von *Chironomus*) sichtbare Substanz, welche wie die vorige die eigentlichen Kernfärbungsmittel nur in geringem Grade bindet. Die geringe Sichtbarkeit derselben im Leben rührt von einem etwas stärkeren Lichtbrechungsvermögen her, als es der Grundsubstanz zukommt; die Fixierungsmittel, namentlich die sauren, lassen es aber sofort viel schärfer hervortreten. Es bildet sich im Allgemeinen diese

zweite Substanz in der Gestalt von Fäden, welche entweder netzförmig untereinander zusammenhängen (Heitzmann, Flemming), oder aber in Gestalt eines auf kürzeren oder weiteren Strecken verfolgbaren isolierten Fadens, welcher knäuelförmig zusammengewunden und gefaltet ist

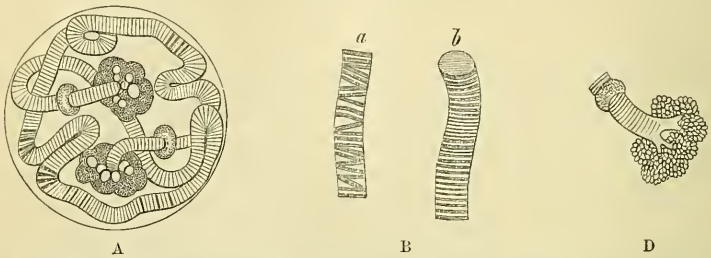


Fig. 108. Kern einer Speicheldrüsenzelle von *Chironomus*. *A* die Extremitäten des Fadens enden in je einen Nucleolus; *B* die beiden Nucleolen sind zu einem einzigen vereinigt; die Querscheiben in *a* etwas unregelmäßig, in *b* ganz regelrecht gestellt; *D* ein frisch im Blute untersuchter Nucleolus von Traubenform, nach Balbiani.

(Balbiani). Es unterliegt übrigens die relative Menge dieser Substanz recht großen Schwankungen je nach der Art und dem Alter des betreffenden Zellenelementes. Zuweilen werden durch Reagentien zweierlei Fadenstrukturen an demselben Kerne hervorgebracht, von welchen es schwer hält zu sagen, ob die eine, die feinere nämlich, ein durch Gerinnung entstandenes Kunstprodukt ist, oder ob sich nicht vielmehr alle beide schon im lebenden Kerne präformiert vorfanden.

Zum Nachweis der Fadenstrukturen innerhalb des Kernes dient die schnelle Fixierung mittels der Flemming'schen Mischung (s. S. 99), oder auch mit der schwach alkoholischen Eisenperchloridtinktur (s. S. 102). Die gut ausgewaschenen Präparate werden alsdann in Wasser oder in Glycerin untersucht. Den Einschluss in Harzen muß man durchaus vermeiden. Eisenpräparate können nach sorgfältigem Auswaschen mit Blutlaugensalzlösung nachgefärbt werden, wobei man zuweilen eine blaue Färbung der Fäden erzielt. Auch mit Hämatoxylin oder mit essigsauren Anilinfarben, oder auch nach dem Hermann'schen Verfahren gefärbte Präparate muß man zum Vergleich heranziehen, um das Chromatin, welches diese Farben reichlich aufnimmt, von den an gelungenen Präparaten nur wenig gefärbten Kernfäden mit Sicherheit zu unterscheiden.

Fig. 109. Kern eines Kaninchenei es in Essigsäure beim Beginne der Einwirkung untersucht. Außer den 4 Nucleolen sieht man den perlschnurförmigen Kernfaden, nach Balbiani.

3. **Die plasmatischen Kernkörperchen.** Es sind dies verschiedenartige Absonderungen, welche die Gestalt von rundlichen oder eckigen Körperchen, oder von mehr weniger zerstreuten Körnchen annehmen, sich mit gewissen Kernfärbungsmitteln (Hämatoxylin, Methylenviolett u. s. w.) in den meisten Fällen mitfärben und zwar recht stark, aber mit einer besonderen Nüance, bei der regelrechten Tinktion mit anderen Farben (essigsaurem Methyl- oder Jodgrün) dagegen ziemlich farblos bleiben. Man bezeichnet die größeren unter denselben als Kernkörperchen oder Nucleoli, ein, wie wir sehen werden,

nichtssagender Name. Wir nennen sie plasmatische Kernkörperchen resp. Körnchen. Ihre Zahl schwankt zwischen 1 und 20 oder sogar mehr. Sind mehrere vorhanden, so tritt in der Regel eines durch ganz besondere Größe hervor.

Die plasmatischen Kernkörperchen sind zuweilen an der lebenden Zelle sichtbar. Sie erscheinen stets sehr scharf gezeichnet an Präparaten, welche die Kernfäden deutlich zeigen, und lassen sich vom Chromatin nur dadurch unterscheiden, daß sie nicht die Fähigkeit besitzen, einzelne von den Farbstoffen des Chromatins aufzunehmen.

4. **Das Chromatin.** Das Chromatin (Flemming) kommt im Kerne in Gestalt von Körnchen, Körperchen, Bändern vor, welche niemals frei in der Grundsubstanz, sondern immer an den Fäden angeklebt, oder denselben einverleibt sind. Von etwas stärkerer Lichtbrechung wie die übrigen Kernbestandteile, zeichnet es sich durch seine exquisite Affinität für alle Kernfärbungsmittel aus. Es ist eine verhältnismäßig leichte Aufgabe, das Chromatin ausschließlich zur Anschauung zu bringen, und sind daher die diversen Verteilungszustände, die es bei den verschiedenen Zellenarten und Entwicklungsstadien einer jeden Zelle annimmt, ein beliebtes Thema der Untersuchung geworden. Es sind auf diesem Gebiete wohl die meisten Thatsachen festgestellt, was man von den anderen Kernbestandteilen nicht sagen kann. In der ruhenden Zelle nun tritt das Chromatin in Gestalt von Körnchen und Kügelchen auf, welche an den Fäserchen der Kernfadensubstanz und namentlich an den Knotenpunkten des Netzes angeheftet sind. Zuweilen kommen auch größere Körperchen vor, welche in der Ein- oder Mehrzahl auftreten und aus reinem Chromatin zu bestehen scheinen. Es sind dies die Chromatinnucleolen, deren Existenz mit Unrecht angezweifelt wurde. Wo solche größere, kompakte Ansammlungen des Chromatins auftreten, da zeigt in der Regel der übrige Kerninhalt eine auffallende Armut an färbbaren Körnchen. Bei anderen Zellenarten wiederum, und zwar namentlich bei Arthropoden, sind Fäden vorhanden, welche das Chromatin in rosenkranzförmig aufgereihten Körperchen oder in feinen Körnchen enthalten. Bei *Chironomus* ist ein einziger solcher Faden vorhanden (Balbiani), welcher im Kerne zusammengeknäuelt liegt. Bei anderen Arthropoden, wo der Faden viel zahlreichere Schlängelungen bildet, oder wo die Chromatinkörperchen weiter auseinander liegen, mag wohl auch ein einziger Faden häufig vorhanden sein (Carnoy). Mag sich die Sache so verhalten oder nicht; mit Bestimmtheit dieses für alle Fälle behaupten zu wollen, heißt mit vorgefaßter Meinung an den Gegenstand herantreten.

Es hat sich denn auch in der That erwiesen, daß sogar bei Arthropoden das Chromatin Gestaltungen bietet, die mit einer Faden- oder Netzstruktur der Unterlage unvereinbar sind. So z. B. bildet die färbbare Substanz in den Speicheldrüsenzellen eines Krustentieres (*Anilocra*, O. vom Rath) kleine Sterne, deren Vermehrung dadurch ge-

schieht, daß die größeren Sterne in die Länge wachsen und sich teilen (Fig. 110).

Die Karyomeren sind Teilstücke des Kerninhaltes, welche bei der Zellteilung, sowie auch bei der Befruchtung (Fig. 111), wie wir später sehen werden, in einer für jede Tierspecies bestimmten Anzahl im Kerne entstehen und je eine Portion des Kerngerüstes und des Chromatins enthalten. Wenn durch Zufall isoliert, vermag jede Karyomere einen

Fig. 110. Schnitt durch die Speicheldrüse von *Anilocra mediterranea*, nach O. vom Rath.

Fig. 111. Die beiden konjugierten Vorkerne des befruchteten Eies vom Seeigel. Oben der kompakte männliche Vorkern, unten der weibliche Vorkern mit soviel von den Karyomeren, als man bei einer Einstellung des Mikroskopes gleichzeitig sehen kann.

allerdings kleinen aber durchaus funktionsfähigen Kern zu bilden. Es ist unwahrscheinlich, daß diese Karyomeren sich während der Ruhestadien zu einem kontinuierlichen Faden verbinden sollten; wir müssen vielmehr auf der Ansicht bestehen, daß ein einziges kontinuierliches Mitom nur in solchen Zellen vorkommt, die sich entweder gar nicht oder nur noch auf direktem Wege zu teilen vermögen.

Chemische Eigenschaften und Verteilung des Chromatins. Manche Kerne zeigen außer den gefärbten Chromatinteilen auch noch eine mehr oder weniger deutliche Mitfärbung der übrigen Kernbestandteile, trotz strenger Anwendung der exclusivsten Kernfärbungsmittel. Dieses Verhalten hat man durch die Annahme zu erklären versucht, daß das Chromatin auch im diffus gelösten Zustande im Kerninhalte vorkomme. Ob es sich dabei aber wirklich um die gleiche chemische Substanz handelt, bleibt eine offene Frage.

In chemischer Beziehung nähert sich das Chromatin dem Mieschersehen Nuklein so weit, daß manche Forscher beide ohne weiteres für identisch halten. Beide gleichen sich in der That durch ihre große Widerstandsfähigkeit gegen die künstliche Verdauung und die Behandlung mit 10 %iger Kochsalzlösung; in Alkalien, namentlich in einer Cyankalium- oder kohlensauren Kalilösung, zergehen beide in kurzer Zeit.

Behandelt man mit diesen Mitteln diejenigen Kerne, welche scharf begrenzte Chromatinkörper besitzen, so entsteht eine Lücke an der Stelle eines jeden Chromatinkernes. In minder prägnanten Fällen hat man angenommen, daß diese Substanz in einem anders beschaffenen Substrat verteilt sei. Vorläufig darf diese Annahme, sowie diejenige des Vorkommens der chromatischen Substanz in feinsten Körnchen (Mikrosomen), nur als reine Hypothese gelten.

Das Chromatin wird am schnellsten durch Behandlung des lebensfrischen Objektes mit essigsaurem Jod- oder Methylgrün nachgewiesen (s. S. 187). Die Zelle färbt sich zunächst diffus; läßt man aber am Rande des Präparates zunächst eine Mischung von Glycerin mit 2%iger Essigsäure und nachher reines Glycerin hindurchlaufen, während die Flüssigkeit am entgegengesetzten Rande mit einem Stückchen Fließpapier aufgesaugt wird, so entfärbt sich mit Ausnahme des Chromatins (und einiger später zu besprechender, selten auftretender Substanzen des Zelleninhaltes) das ganze Gewebe. Dauerpräparate erhält man durch regelrechte Färbung mit Anilinfarben nach Hermann und Flemming (s. S. 186) oder mit Boraxkarmin und chlorwasserstoffsaurem Alkohol (s. S. 185) und nachherigem Einschluß in Balsam. Es treten alsdann ziemlich reine Farbenbilder (s. S. 47) auf, die man mit dem Abbeschen Beleuchtungsapparat und mit homogenen Immersionslinsen bequem studieren kann. Bei ganzen Zellen wird das Bild oft in erheblichem Maße von dem ober- und unterhalb des Kernes gelegenen Zellenplasma getrübt. Die deutlichsten Bilder erhält man daher oft an dünnsten Querschnitten oder aber an Zellen, die man im halbtrocknen Zustande unter der Lupe auf dem Objektträger mittelst feiner Nadeln zerreißt, um den Kern freizulegen.

5. **Die Kernhülle.** Die Kernhülle ist der am wenigsten klargestellte Teil der Zelle. Soviel steht aber schon fest, daß es sich um ein zusammengesetztes Gebilde handelt, dessen einzelne Bestandteile sehr verschieden ausgebildet sind, oder sogar zum Teil ganz ausfallen können. Hieraus geht dann hervor, daß man die Hüllen der einzelnen Kernformen nicht so ohne weiteres miteinander vergleichen und homologisieren darf, sondern erst die jedesmal vorhandenen Bestandtheile zu bestimmen hat.

Die innere Kernwandung. Dem eigentlichen Kerne ist im strengen Sinne nur die innere Kernhülle angehörig, welche aus der farblosen Fadensubstanz mit oder ohne Chromatineinlagerung besteht. Diese Schicht bildet eine wandständige Anlagerung von unregelmäßiger und wechselnder Dicke; bei vielen Kernarten sucht man aber vergebens nach ihr. Wo eine solche vorhanden ist, kann man die nach außen gelegene, mehr homogene Schicht, welche oftmals das Aussehen einer geformten Membran annimmt, als Abscheidungsprodukt derselben ansehen. Es kann aber diese Abscheidung auch in solchen Fällen stattgefunden haben, wo die innere Kernhülle nicht mehr zu sehen ist, da letztere an jungen Zellen von embryonalem Typus ziemlich konstant auftritt, und während ihres Bestehens einer sie überlebenden Kutikularbildung den Ursprung gegeben haben mag.

Die perinucleäre Zellenwandung. Um den Kern herum bildet das Zellenplasma, und zwar speziell die Fadensubstanz desselben, in vielen Fällen eine verdichtete Zone, welche nach dem Kern zu scharf abgesetzt

erscheint. Ist keine innere Kernhülle und keine Membran vorhanden, so bildet dieser Rand des Zellenkörpers, welchen man auch als Kernnetz bezeichnet hat, die einzige Begrenzung des Kernes, welcher alsdann fast das Aussehen einer Vakuole annimmt. Daß man aber diese verdichtete Randschicht nicht dem Kerne zurechnen kann, versteht sich wohl von selbst; besitzt ein Kern keine andere Begrenzung, so muß man ihn als hüllenlos bezeichnen.

Die eigentliche Kernhülle oder Membran. Es ist aber recht wohl denkbar, daß die Randschicht der Zelle nach innen zu eine Kutikularbildung abzuscheiden vermag. Diese von derjenigen Membran zu unterscheiden, welche der Kern selbst nach außen absetzen kann, dürfte wohl schwerlich gelingen, und so wird man, wo eine solche Scheidewand besteht, stets im Ungewissen sein, ob sie dem Kerne, dem Zellkörper oder beiden zugleich angehört. Es ist die Lösung dieser Frage um so schwieriger, als besagte Scheidewand einmal durchaus keine konstante Erscheinung ist, und zweitens in den meisten Fällen eine mehr gallertartig-elastische, sogar ziemlich wasserreiche, selten eine festere Beschaffenheit besitzt. Stets wurden, wo man genau danach suchte, Porenkanälchen oder kleine Lücken in derselben nachgewiesen, so daß wir keinen Grund haben, an der Existenz solcher Öffnungen bei weniger gründlich untersuchten Zellen zu zweifeln.

Homogene Kerne. Nachdem wir nun die Hauptbestandteile der komplizierteren Kerne der Reihe nach benannt und besprochen haben, müssen wir ausdrücklich hervorheben, daß sie nicht alle zum Begriff des Zellkernes notwendig sind. Vielmehr kann das eine oder andere Element fehlen; ja es sollen sogar Kerne vorkommen, welche homogen aussehen (Gruber, Brass), d. h. wo unsere chemischen und optischen Mittel keine differenten Teile nachzuweisen im Stande sind, und welche gewissermaßen eine intermediäre Beschaffenheit zeigen; als ganz sichergestellt ist jedoch diese Angabe nicht zu betrachten.

Es scheint hier der Ort zu sein, die Auffassungen, welche in den neuesten und wichtigsten Schriften über die Struktur des Kernes enthalten sind, miteinander zu vergleichen. Hierbei brauchen wir nur diejenigen Forscher anzuführen, deren Untersuchungen sich auf zahlreiche und möglichst verschiedenartige Zellformen ausdehnten. Speziellere Untersuchungen werden anderswo berücksichtigt. Es seien zunächst die einzelnen Benennungen und Anschauungen in Tabellenform übersichtlich dargestellt:

1. Kernsaft *Karyochyl*	Zwischenmaterie	ernsaft (Beschaffenheit zweifelhaft)	nicht fixierbare wässerige Flüssigkeit	Zwischengelagerte färbbare Substanz	Achromatische Substanz	Körniges Enchylema, eine plastische Substanz	im Magensafte löslich
2. Kerngerüst *Karyomiton*	Schwammwerk	Kerngerüst oder Netzwerk, Karyomiton, bildet ein Netz, selten einen einzigen Faden; besteht vielleicht ganz, vielleicht nur zum Teil aus Chromatin.	Nucleohyaloplasma, Kernknäuel	Nucleolla mit rosenkranzförmigen Nucleomikrosomen.	Ein einziger zusammengewundener Faden mit membranartiger Hülle. Eine netzartige Struktur mag vorkommen, ist aber jedenfalls selten.	Ein einziger gewundener Faden aus Plastinhülle und hyalinem Plasma bestehend, welcher das Chromatin in sich trägt.	Plastin (Verf. spricht sich über das morphologische Verhalten desselben nicht aus)
3. Plasmatische Kernkörperchen	gehen aus Verdickungen der Knotenpunkte des Schwammwerkes hervor; meistens ist ein größerer Nucleolus vorhanden: »Der erste unter den gleichen«.	ihre starke Färbbarkeit läßt ihre Zusammengehörigkeit zum Chromatin wahrscheinlich erscheinen; ob die eine Amylum- oder Mucinreaktion aufweisenden Körperchen Nucleolen sind, läßt Verfasser unentschieden	Die einen nehmen die Kernfärbungen an, die anderen wenig oder gar nicht. Sind dem Kerngerüste angehängt.		färben sich in anderer Weise als der Kernfaden. Die Enden dieses Fadens sind in die Nucleolen eingepflanzt.	Die plasmatischen Nucleolen sind von den chromatischen scharf zu unterscheiden. Erstere bestehen aus einem Gerüst u. Enchylema u. färben sich mit der Hartig'schen Reaktion	
4. Chromatin (Nuclein?)		das Chromatin besteht vielleicht aus den chemischen Nucleinkörpern.	tritt in Gestalt kleinster Körperchen, den Nucleomikrosoma auf, welche zu Körnchen oder Fäden sich zusammendrängen können.	befindet sich im Kerne diffundiert, jedoch in sehr verschiedener Menge je nach den verschiedenen Kernbestandteilen.	bildet am Kernfaden eine Reihe von Querscheiben, welche mit anders beschaffenen Scheiben abwechseln.	Nuclein oder Nucleinknäuel, in Cyankalium oder Pottasche löslich.	besteht teilweise aus Nuclein, teilweise aus Plastin
5. Kernhülle	Die Kerngrenze wird durch die verdickten Kernfädenenden gebildet oder aber es existiert um diese herum eine Kutikularhülle, durch deren Poren sich die Kernfäden mit	besteht aus einer inneren, färbbaren, dem Kernnetze angehörigen Hülle und einer äußeren achromatischen, von welcher man nicht bestimmt weiß, ob sie dem Kerne oder der Zelle angehört; ebensowenig	Die oberflächliche Chromatinanhäufung Flemming's ist keine Kernhülle. Als solche fungiert eine Hautschicht, welche von dem umgebenden Zellenplasma gebildet	Es giebt keine distincte achromatische und chromatische Hülle, sondern nur eine aus Mikrosomen mit den sie verbindenden Fäden bestehende, welche mit Chromatin imbi-		gehört dem Kern, nicht dem Zellenleibe an, und bildet eine geschlossene Plastinschicht, welche mit dem Kern sowohl wie mit dem Zellenplasma Verbindungen einge-	

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, stehen sich die Ansichten in manchen Punkten ziemlich schroff gegenüber. Den Kernsaft fassen alle als hyaline plastische Substanz auf, mit Ausnahme von Strasburger, welcher dieselbe als wässerige Flüssigkeit hinstellt, und Carnoy, welcher von einer granulierten Substanz spricht, ein Ausspruch, der sich wohl einzig und allein auf durch Reagentien behandelte Kerne beziehen dürfte.

Über das Kerngerüste lassen sich die Auffassungen in zwei Gruppen einteilen, indem Leydig, Flemming und van Beneden die Netzform als allgemeine Regel, die knäuelförmige Anordnung eines einzigen Fadens als seltene Ausnahme hinstellen. Leydig sieht sogar in denjenigen Fällen, wo der Faden mit größter Bestimmtheit als zusammenhängend beschrieben wurde, denselben aus mehreren getrennten Stücken bestehen. Dem gegenüber halten Balbiani, Strasburger, Carnoy die Knäuelform für eine überaus häufige, erklären das netzförmige Aussehen vieler Kernstrukturen durch unregelmäßige und zahlreiche Schlängelungen eines einzelnen zusammenhängenden Fadens und lassen eine wirkliche Netzstruktur nur mit einem Fragezeichen in gewissen Fällen gelten. Neben dem geknäuelten Kernfaden erkennt aber Carnoy die Existenz eines feineren Gerüstes an, welches demjenigen anderer Autoren wohl schwerlich entsprechen dürfte.

Das Verhalten des Kerngerüstes zum Chromatin wird insofern abweichend aufgefaßt, als Flemming die beiden Begriffe mit einander vermengt, während Strasburger, Balbiani, Carnoy dieselben auseinander halten. Van Beneden läßt das Chromatin als gelösten Stoff die übrigen Kernbestandteile imprägnieren, Strasburger als räumlich getrennten Körper in Körnchenform, Balbiani und Carnoy in etwas größeren Partien auftreten.

Zu einer wissenschaftlichen Zusammenstellung der Nucleolen scheint die Zeit noch nicht gekommen zu sein. Es sei hierüber nur hervorgehoben, daß Carnoy die Existenz von ganz achromatischen Nucleolen hervorhebt, während Flemming, Strasburger, Leydig, Balbiani, Wielowiejski u. a. dieselben aus einer etwas abweichenden Chromatinsubstanz bestehen lassen, die man sogar mit einem besonderen Namen belegt hat (Prochromatin, Pfitzner).

Was endlich die Kernhüllen betrifft, so lassen sich die so abweichenden Ansichten nur durch unsere Annahme einer komplizierten Hülle, deren Bestandteile aber nur in den seltensten Fällen alle zugleich auftreten, in Übereinstimmung bringen, indem man erwägt, daß ein jeder Verfasser seine Beschreibung nur auf einige wenige Kernformen, die er genauer kennt, basierte.

Die Hauptformen des Kernes. Nachdem wir nun mit den Bestandteilen des Zellenkerns im allgemeinen bekannt sind, wollen wir einige von den verschiedensten Kernformen besprechen, welche uns das Tierreich darbietet.

Der Kern bei den Protozoen; Rhizopoden. Bei Protozoen kommen sehr verschiedenartige Kernbildungen vor. Einzelne Ordnungen besitzen Kerne, welche sich den Färbungsmitteln gegenüber ganz anders verhalten, wie diejenigen der Metazoen-Gewebszellen. Es gehören hierher die Amöben und eine Anzahl (ob alle, ist fraglich) Mono- und Polythalamien und Heliozoen. Der ruhende Kern dieser Tiere wird von einer äußeren cytoplasmatischen Hülle umgeben, welche öfters (z. B. bei *Actinophrys*) eine solche Mächtigkeit erreicht, daß man sie mit dem Hanstein'schen Ausdruck als Kernnest des Cytoplasmas bezeichnen könnte. Der eigentliche Kern besteht aus einer hellen Außenschicht, die wir als Karyochyl betrachten, und einem mächtigen Binnenkörper, dem Nucleolus. Es nimmt keiner von diesen Kernbestandteilen die Kernfärbungs-

mittel auf, wenigstens nicht mehr, als es das Zellenplasma auch thut. Mit Methylgrün, Hämoxylin u. s. w. gelingt es überhaupt nicht, den Kern von seiner Umgebung zu differenzieren; nur durch Behandlung nach der Grenacher'schen Borax-Karmin-Methode tritt der Kern etwas besser hervor (orig. Beobachtungen). Mehrkernige Arten sind nicht selten, z. B. *Actinosphaerium*, manche Amöben, Thalamophoren und Radiolarien. In der Mehrzahl der Fälle scheinen solche mehrkernige Zustände auf eine bevorstehende Fortpflanzung hinzudeuten.

Kern der Infusorien. Bei den flagellaten und choanoflagellaten Infusorien liegt der Kern im Zellenplasma frei und wird nur von einer sehr dünnen Hüllschicht umgeben. Derselbe besteht aus einer hellen Außenzone und einem beträchtlich großen Kernkörperchen. In Hämoxylin färbt sich dieser Binnenkörper zunächst dunkel, nachher wird er aber blässer, während die umgebende Zone sich mit immer dunkler werdenden, in regelmäßigen Abständen gelegenen Körnchen besetzt zeigt (Fig. 113 *M*). Ob diese Körnchen etwa einem gewundenen Kernknäuel angehören, ließ sich nicht feststellen (Originalbeobachtungen). Ähnlich verhalten sich auch mehrere (ob alle?) Gregarinen, sowie einzelne Infusorien aus der Ordnung der Ciliaten. Solche Kerne nehmen zwar die essigsaure Grünfärbung an, aber nur äußerst schwach.

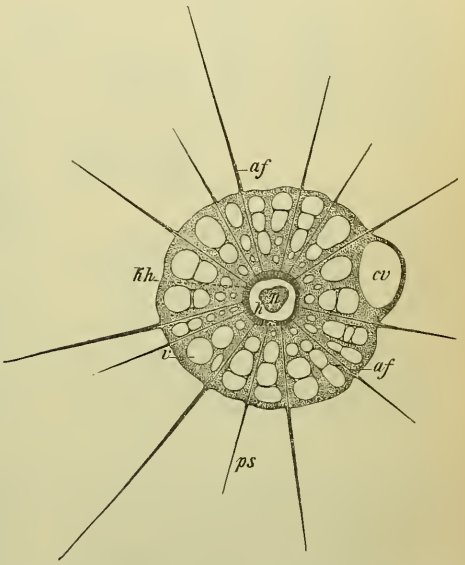


Fig. 112. *Actinophrys sol.* *n* der Kernkörper; *k* die Kernhöhle; *kh* die Kernhülle; *v* eine Vakuole; *cv* eine kontraktile Vakuole; *ps* ein Pseudopodium; *af* der Achsenfaden der Pseudopodien. Originalfigur.

Die Kerne bei den bewimperten Infusorien zeigen im ruhenden Zustande große Strukturverschiedenheiten. Zunächst sei bemerkt, daß mehrkernige Infusorien ebenso häufig sind wie einkernige. Dennoch darf man solche Tiere nicht als mehrzellige betrachten, denn sie stimmen in ihren sonstigen Eigenschaften mit einkernigen genau überein. Eine ganze Anzahl kleiner gleichartiger Kerngebilde besitzen u. a. *Opalina* und *Loxodes rostrum*. Merkwürdiger sind die mit zwei verschiedenen Kernarten versehenen Formen. Der eine Kern ist größer und wird als eigentlicher oder Hauptkern bezeichnet; den anderen, kleineren, in den meisten Fällen in der Mehrzahl vorhandenen Kern nennt man Nebenkern. Die Haupt-

kerne sind heller, wasserreicher, die Nebenkerne von mehr glänzendem homogenem Aussehen und nehmen die Kernfärbungsmittel viel stärker auf. Die Nebenkerne liegen zumeist in unmittelbarer Nähe der Hauptkerne oder sogar in einer Einsenkung an der Oberfläche derselben teilweise eingebettet. Aus diesen Lagerungsverhältnissen mag die irrtümliche Bezeichnung derselben als Nucleolen zu erklären sein. Der zumeist mit technischen Schwierigkeiten verbundene Nachweis der Nebenkerne wurde für manche Paramäcien, Oxytrichinen, Ophryoscolecinen, Vorticellinen u. a. geliefert. Es steht aber andererseits fest, daß manche geißeltragende Infusorien ein derartiges Gebilde durchaus entbehren.

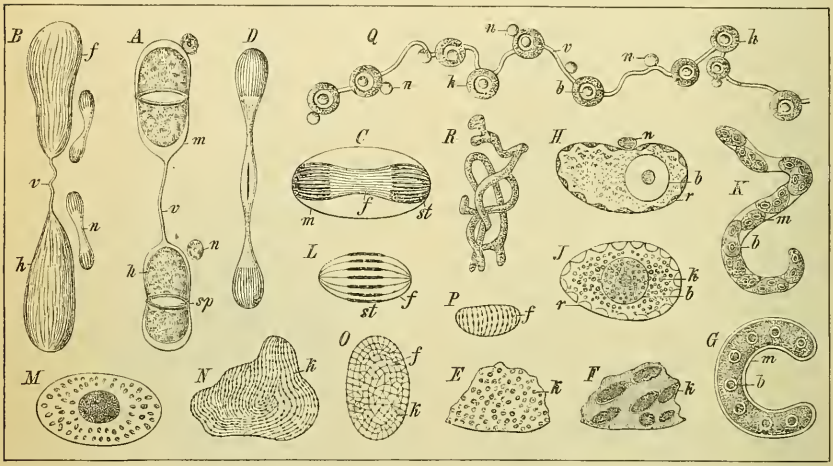


Fig. 113. Die Kerne der Infusorien; *A*, *B* von *Stylonychia mytilus*, nach Bütschli; *C*, *D* von *Paramaecium putrinum*, nach Bütschli; *E*, *F* Portionen des Kernes der gleichen Art in zwei verschiedenen Zuständen (Original); *G* von *Vorticella microstomum*, nach Stein; *H* von *Chilodon cucullus* mit Hämoxylin und *J* dasselbe mit essigsaurem Methylgrün gefärbt (Original); *K* von *Carchesium polypinum*, nach Greeff; *L* Teilungszustand beim selben Tier, nach Bütschli; *M* von *Euglena viridis* mit Hämoxylin gefärbt (Original); *N* von *Peridinium divergens* von der Fläche gesehen, nach Bütschli; *O*, *P* von *Ceratium tripos* von der Fläche und im Profil gesehen, nach Bütschli; *Q* von *Loxodes rostrum*, die Hälfte der ganzen Kernschnur, nach Wrzesniowski; *R* von *Acineta mystacina*, nach Fraipont.

Was nun den eigentlichen oder Hauptkern der Ciliaten-Infusorien betrifft, so zeigt der Bau desselben vielfache Verschiedenheiten, welche jedoch nicht so weit bekannt sind, daß man bereits einen wirklichen Vergleich anstellen könnte.

Nur im ruhenden Zustande zeigt dieses Gebilde eine konstante Form. Rund oder oval ist er bei *Colpoda, Paramaecium, Nassula, Chilodon, Spirochona,* vielen Acineten u. a. m.; strangförmig bei Ophryoscolecinen, mehreren Opalinen, *Vaginicola, Dendrosoma*; bandförmig bei *Bursaria flava* und *Trachelius ovum*; schleifenförmig bei *Bursaria truncatella, Climacostomum virens, Prorodon niveus*; nieren- oder hufeisenförmig bei Vorticelliden (Fig. 113 *G*), Ophrydinen, Euplotinen, Aspidisciden, Trichodinen, *Urocentrum, Didinium, Halteria*; verästelt bei *Acineta mystacina* (Fig. 113 *R*); perlschnurförmig bei *Stentor, Dileptus anser.* Letzterer Form reihen

sich die zwei- bis mehrfachen, reihenweise hintereinander liegenden Kerne der Oxytrichinen, *Amphileptus fasciculatis, Lacrymaria, Opisthodon, Onychodromus grandis, Loxodes rostrum* (Fig. 113 *Q*), *Loxophyllum meleagris* an. Was die innere Struktur betrifft, so besitzt der Kern bei Oxytrichinen, *Chlamydodon, Ervilia, Trochilia* eine querelliptische Höhle, welche seinen Inhalt in zwei Portionen (Fig. 113 *A*) teilt. Eine Höhle mit darin suspendiertem Nucleolus zeigen *Phascolodon, Scaphidiodon, Spirochona.* Bei *Chilodon cucullus* (Fig. 113 *H, J*) liegen der Kernwand eine Reihe rundlicher, eiförmiger Körperchen (*r*) an, welche in Hämoxylin dunkelviolett, in essigsaurem Methylgrün ganz farblos erscheinen. Ein großes Binnenkörperchen (*b*) mit centralem Flecke färbt sich mit Methylgrün, nicht aber mit Hämoxylin; der Centralfleck allein nimmt beide Farben an. Zwischen dem Binnenkörper und den Randkörpern bleibt eine Höhlung übrig, worin eine Anzahl Körnchen (*k*) suspendiert ist, welche in Methylgrün eine starke Färbung annehmen, in Hämoxylin dagegen farblos und fast unsichtbar bleiben. Eine Reihe größerer Binnenkörper, welche jedoch nur zeitweise auftreten, zeichnen den Kern von *Paramaecium bursaria, P. putrinum* (Fig. 113 *F*), vieler Vorticellinen (Fig. 113 *G* und *K*) etc. aus; kleinere und zahlreichere Verdichtungen findet man bei Oxytrichinen, *Stentor, Spirostomum* etc.

Frische Infusorienkerne bekommt man zur Ansicht, wenn man das Tier mit wenig Wasser unter dem Deckgläschen langsam zerdrückt. Es zerfließt alsdann, indem das Endoplasma durch ein Loch im Ektoplasma heraustritt. Im Augenblicke, wo dieses geschieht, ist der Kern leicht zu sehen. Sonst kann man alle diejenigen Fixierungs- und Färbungsmittel gebrauchen, die für die Gewebszellen Anwendung finden. Man legt an beiden entgegengesetzten Rändern des Deckgläschens je einen Streifen Fließpapier, bringt die Reagentien tropfenweise auf den einen derselben und saugt die verbrauchte Flüssigkeit aus dem zweiten mittelst größerer Stücke Fließpapier auf.

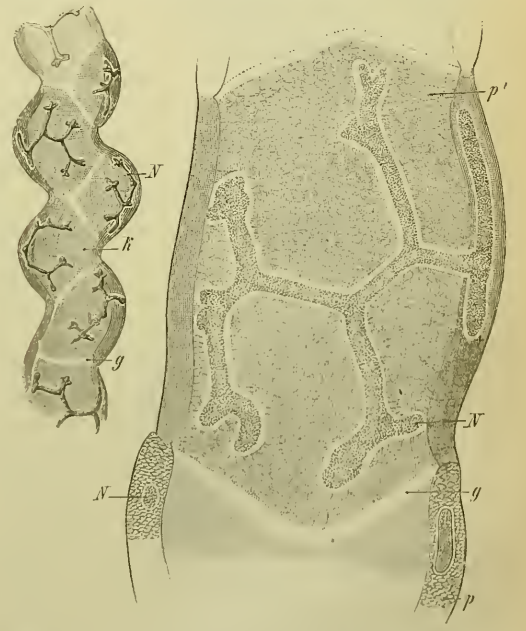


Fig. 111. Links ein Abschnitt von einer Malpighischen Röhre der Raupe von *Vanessa urticae*. *N* die verästelten Kerne. Rechts oben eine Drüsenzelle von der Fläche gesehen. Rechts unten ein optischer Querschnitt einer solchen mit dem Querschnitt des feinkörnigen Kernes. Essigsaures Methylgrün, Glycerin. Originalzeichnung.

Die Kerne der Zoophyten, Würmer und Weichtiere. Bei Spongien, Cölenteraten, Würmern zeigt der mittelmäßig große Kern im Allgemeinen eine deutliche hyaline Kernhülle, eine innere Kernwandung, ein Kerngerüst und ein großes, recht konstantes Kernkörperchen nebst kleineren unkonstanten Nucleolen. Deutliche Kernknäuel wurden bisher im ruhenden Zustande nicht angetroffen. Bei Weichtieren zeigt der Kern

im Allgemeinen die eben erwähnte Beschaffenheit; es wurde aber ein gewundener kontinuierlicher, chromatinreicher Kernfaden in den Drüsenepithelzellen der Niere und Leber, wenigstens bei *Dentalium* nachgewiesen (Fol) und steht wohl nicht zu bezweifeln, daß man einen solchen auch bei anderen Weichtieren und in verschiedenen Organen auffinden werde.

Die Kerne bei den Arthropoden. Durch Struktur und Größe äußerst prägnante Kerne besitzt die Mehrzahl der Arthropoden. Einmal sind es die schon lange bekannten verzweigten Kerne in den Drüsenzellen der Malpighischen Gefäße (Fig. 114 *N*), den Seidenspinn- und den Hautdrüsen der meisten Insekten. Es zeigen solche Kerne eine sehr unscheinbare Kernhülle und einen feinkörnigen, stellenweise feinfädigen Inhalt.

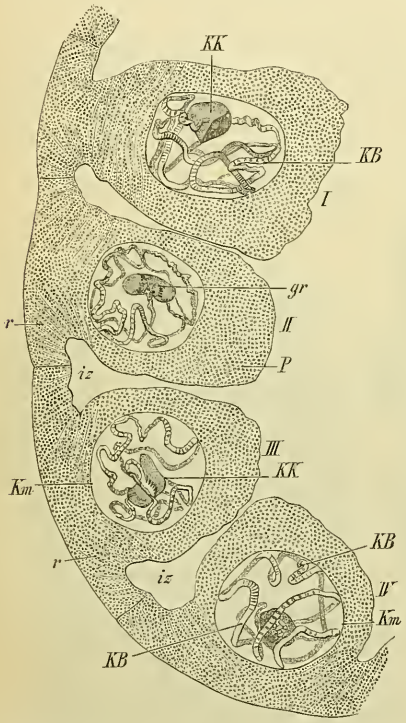


Fig. 115. Vier Drüsenzellen aus der Speicheldrüse einer Larve von *Chironomus*. Flemming'sche Lösung, Hämoxylin, Glycerin. *KB* der Kernfaden; *KK* das hufeisenförmige Kernkörperchen; *gr* die Reihen glänzender Körnchen an den beiden Extremitäten desselben. Originalzeichnung.

Ferner bieten die Arthropoden die schönsten und zahlreichsten Beispiele von Knäuelanordnung des Kernfadens im ruhenden Zellkerne. Klassisch in dieser Beziehung sind die Kerne aus den Speicheldrüsen der *Chironomus*-larven geworden (Balbiani). Der sehr dicke und verhältnismäßig kurze Kernfaden geht an seinen beiden Extremitäten in einen Nucleolus über; beide Nucleolen sind aber zumeist zu einem einzigen verschmolzen und gleicht alsdann der Faden einem verschiedentlich verbogenen und gewundenen Ring, dessen Kasten und Stein das Kernkörperchen repräsentieren würde (Fig. 115, *KK*). Nahe an seinen Insertionsstellen an dem Kernkörperchen zeigt der Faden bei einzelnen *Chironomus*-species je eine ringförmige Anschwellung, welche aus ähnlicher Substanz wie der Nucleolus besteht. Der eigentliche Faden zeigt abwechselnde helle und dunklere Querstriche, die man verschiedentlich als Querscheiben (Balbiani) oder als Querringe (Korschelt) aufgefaßt hat. Ein Spiralfädchen (Baranetzky, Carnoy) ist es jedenfalls nicht. Die helle Substanz hat eine geringere Konsistenz als die dunkle und bleibt unge-

färbt, während die Querscheibensubstanz in essigsaurem Methylgrün, die Kernkörperchensubstanz in Karmin und Hämatoxylin sich stark tingieren. Der ganze Kernfaden wird von einer deutlichen, aber äußerst dünnen Hüllschicht bedeckt.

Es liegt nahe, diese außerordentlich frappante Struktur mit den zeitweise bei der Teilung anderer Zellen auftretenden Fadenbildungen zu vergleichen und ihr eine allgemeine Tragweite beizumessen (Balbiani, Carnoy). Daß man in der überaus großen Mehrzahl der Fälle einen geknäuelten, kontinuierlichen Faden nicht nachzuweisen im Stande ist, würde man alsdann durch große Dünnheit und verworrene Schlängelung des Fadens erklären. Einer solchen Auffassungsweise ist jedoch entgegenzuhalten, daß viele Kernsorten existieren, in denen man ein Gerüste mit netzförmig verbundenen Bälkchen auf das deutlichste sieht (reifende Eier, Gewebskerne des Salamanders). Ja sogar bei den nahen Verwandten des *Chironomus*, bei den Maden der Schmeißfliege kann man an den so großen Kernen mit Bestimmtheit eine andere Struktur nachweisen und bei *Anilocra* kann sogar weder von Fäden noch von Netzstruktur irgendwie die Rede sein. Bei *Chironomus* ist nicht einmal jene Struktur beständig; denn es wurden Kerne mit einem Faden beschrieben, welcher in Stücke zerfallen (Balbiani, Leydig), und andere, wo der Faden an einer Stelle in zwei Schenkel gespalten war (Balbiani).

Es sei ferner hervorgehoben, daß jene Kerne alle einem baldigen Untergange unterworfen sind, und daß diejenigen kleinen Zellen, aus welchen das ausgebildete Insekt hervorgehen soll, keine Knäuelbildung, sondern vielmehr Kernnetze aufweisen. Auf diesen Punkt kommen wir bei der Besprechung der Zellteilung später noch zurück.

An den Gewebskernen der Larve der gemeinen Schmeißfliege kann man folgende Struktur wahrnehmen. Von einem in Gestalt und Größe sehr veränderlichen Kernkörperchen, welches etwas seitlich von der Mitte des Kernes liegt, gehen etwa 5—10 Fäden nach den verschiedenen Richtungen aus, durchziehen einen den Nucleolus umgebenden hellen Raum und verbinden sich mit einem Netze, welches die ganze Peripherie des Kernes einnimmt und dessen Balken rosenkranzartig mit stark färbbaren Körperchen besetzt sind. Ob nun dieses ein wirkliches Netz ist, oder ob wir es hier mit wirr durcheinander liegenden Schleifen zu thun haben, läßt sich mit Sicherheit nicht entscheiden. Manche Bilder sprechen für letztere Annahme. Soviel steht aber fest, daß wir es hier nicht mit einem einzelnen geknäuelten Faden, sondern mit mehreren, möglicherweise an den Kreuzungsstellen zusammengelöteten Schleifen zu thun haben (Original-Beobachtung). Ein ähnliches Verhalten fanden wir bei einer großen Anzahl Insekten, und erleidet hierdurch die Knäueltheorie einen um so empfindlicheren Stoß, als es ja gerade die Insekten sind, bei denen man den Fadenknäuel in bestimmten Fällen am deutlichsten sehen kann.

Die Kerne bei den Tunicaten sind insofern beachtenswert, als hier ganz absonderliche Muskelkerne vorkommen (Originalbeobachtung). Die quergestreiften Muskeln der freischwimmenden Formen bestehen aus einer einzigen Schicht von Fibrillen, denen nach innen eine Schicht schwammigen Plasmas anliegt. In letzterer liegen nun die Kerne reihenweise eingebettet. In ihrer höchsten Differenzierung, wie man dieselbe

bei *Oikopleura* antrifft, besteht jeder Kern aus einem unregelmäßigen weitmaschigen Netze chromatinhaltiger Fäden (Fig. 118). Bei *Fritillaria* (Fig. 117) hat das Netz ein etwas engeres Gefüge und deutlichere Um-

Fig. 116. Muskelbänder von *Salpa democratica* im embryonalen (links) und im erwachsenen Zustande (rechts), und zwar auf die Muskelfaserschicht, auf die Kernnetzschicht und auf die Kerne eingestellt. Original.

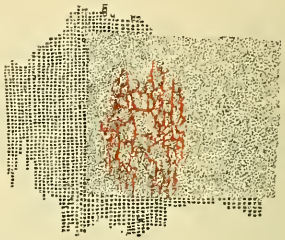


Fig. 117. Muskelband von *Fritillaria furcata* mit den Muskelfasern (links und unten), der Körnerschicht (rechts) und dem Kerne in der Mitte der Figur. Originalzeichnung.

grenzung. Die Sache wird aber erst durch Vergleichung mit den Muskeln erwachsener und embryonaler Salpen (Fig. 116) verständlich. An Salpenembryonen nämlich sind die Zellenzüge, welche später die Muskelbänder abgeben, aus flachen gekernten Zellen gebildet (Fig. 116 links). Später, nachdem die Fasern entstanden sind, findet man die Kerne unterhalb der Faserschicht gelegen und mit netzartigen Fortsätzen versehen, welche sich an die Fasern anlegen. Denkt man sich nun die Kerne noch weiter von einander entfernt und immer stärkere Fortsätze abgebend, in welche der ursprüngliche Kern schließlich ganz aufgeht, so gelangt man zum Bilde, das *Fritillaria* darbietet (Fig. 117). Die Struktur des *Oikopleura*-Kernes erscheint als weitere Ausbildung in der gleichen Richtung. Es ist dieses der höchste Grad der Kernverästelung, den das Tierreich überhaupt darbietet.

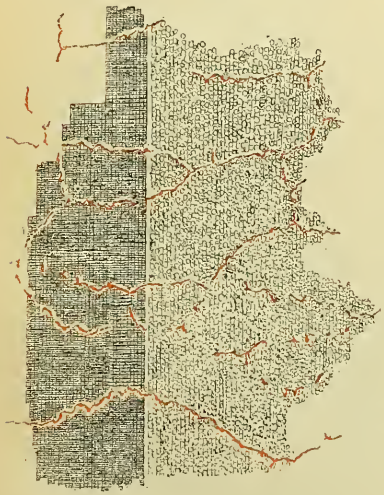


Fig. 118. Muskelband von *Oikopleura cophocerca* auf die Grenze zwischen der Muskelfaserschicht (links) und der schwammigen Schicht (rechts) eingestellt. Kernfaden rot. Original.

Die Kerne bei den Wirbeltieren. Bei Wirbeltieren sind es die Amphibien und zwar die Lurche, welche die größten Zellenelemente und die größten Kerne besitzen. Es wurden daher auch diese mit Vorliebe zur Untersuchung der Kernstrukturen verwendet. *Salamandra maculosa* und *Proteus* nehmen mit Bezug auf die Zellen- und Kerndimensionen den

ersten Rang ein; ihnen folgen auf dem Fuße die Tritonen, *Siredon*, sowie die leider schwer zugänglichen Dipnoër. Es tritt uns hier überall eine ausgesprochene netzförmige oder schwammartige Anordnung des Karyomitons entgegen. Der geringeren Dimensionen wegen sind die Gewebskerne der Fische, Reptilien, Vögel und Säugetiere allerdings weniger demonstrativ; allein es läßt sich doch beim ruhenden Kerne die Abwesenheit eines Kernfadenknäuels, welcher durch ein Kernnetz ersetzt wird, mit Bestimmtheit behaupten. Ziemlich konstant ist bei allen die Anwesenheit eines größeren, mit Methylgrün wenig färbbaren Nucleolus; andere, kleinere Nucleolen zeigen in Zahl, Gestalt und Beschaffenheit die größten Schwankungen. Eine strukturlose, meistens äußerst dünne Hüllschicht des Kernes, welche demselben genetisch anzugehören scheint, läßt sich auch in der Regel wahrnehmen.

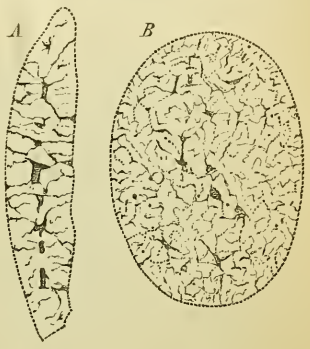


Fig. 119. Kernnetz *A* eines Muskelkernes; *B* eines Epithelzellenkernes von *Salamandra*, nach Flemming.

Die Kerne der Geschlechtszellen. Die Kerne der zur Fortpflanzung bestimmten Zellen bei den Metazoen zeigen manche bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Während der ersten Wachstumsperiode unterscheiden sich die Kerne allerdings wenig von denen eines embryonalen Gewebes. Wir möchten bloß auf die außerordentliche Größe derselben im Verhältnis zur geringen Menge des Protoplasmas bei jungen Eizellen, sowie auf die Häufigkeit von Syncytien im oberen Teile der Ovarialröhren hinweisen. Es soll dieser Gegenstand, sowie die sonderbare Entstehung der Follikelzellen aus dem Eikerne bei einzelnen Tierabteilungen in den nächsten Kapiteln näher besprochen werden.

Später nehmen die Geschlechtszellen einen je nach dem Geschlechte verschiedenen Habitus an. Beim männlichen Geschlechte zeigen im Allgemeinen die Kerne eine zunehmende Ausbildung ihres Chromatingerüstes, respektive ihres Chromatinfadens, und ein bis zum Verschwinden kleiner werdendes Kernkörperchen. Dabei findet keine auffallende Größenzunahme des Kernes, dagegen eine fortschreitende Teilung desselben statt. Bei den weiblichen Geschlechtszellen dagegen vergrößert sich der Kern beständig, das Kernnetz wird ärmer an Chromatinsubstanz, und die Kernmembran kann eine bedeutende Stärke und Festigkeit erlangen. An den großen Kernen der reiferen Eizellen der Reptilien treten sogar eine ganze Anzahl Kernkörperchen auf (Eimer). Gegen Ende der Reifungsperiode des Eies schwinden diese Körperchen allerdings wieder unter Erscheinungen, die wir im fünften Kapitel zu schildern haben werden.

Gewebskerne der Wirbeltiere. Die Kerne der übrigen Gewebszellen der Wirbeltiere zeigen nur auffallend geringe Abweichungen. Es seien

hier nur diejenigen der Ganglienzellen, wegen ihrer Größe, und diejenigen der Leukocyten und Eiterkörperchen, wegen ihrer absonderlichen Gestalt, angeführt. Bei letzteren Zellenarten trifft man häufig verästelte, in mehrfache Aussackungen verlängerte Kerne, welche man für Teilungsstadien hielt. In der großen Mehrzahl der Fälle handelt es sich

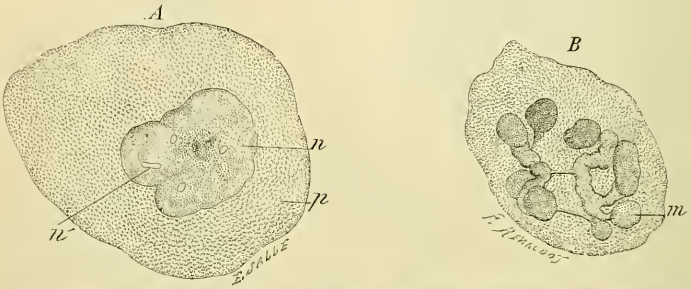


Fig. 120. Zelle aus dem Knochenmarke der Tibia eines Meerschweinchens, in 1/3 Alkohol isoliert, Pikrokarmin. *A* mit gelapptem Kerne *n*, *B* mit verästeltem Kerne *m*, aus Ranvier.

aber um inaktive Zustände, und die scheinbaren Häufchen unabhängiger, durch Knospung entstandener Kerne sind weiter nichts, als ein einziger weitverästelter Kern; in der Tiefe hängen alle Körperchen durch Verbindungsbrücken zusammen, und die Trennung ist nur eine scheinbare. Es besitzen solche kompliziert gestaltete Kerne ein dürftiges Kerngerüst und kleine Nucleolen von inkonstanter Zahl und Beschaffenheit.

Eine eigentümliche Umwandlung erfahren die Kerne der verhornenden Epidermiszellen der Säugetiere. Es zieht sich der gesammte Kerninhalt zu einem stärker lichtbrechenden abgeplatteten Körper zusammen, welcher von einem hellen Raume umgeben ist.

Andere Zellenarten sollen, auch ohne zu verhornen, eine ähnliche Anordnung aufweisen. Es wurde dieselbe für die Gregarinen und die Hodenzellen von *Lithobius forficatus* u. a. behauptet (Carnoy). Der auf einen kleineren Raum zusammengezogene Kernfaden (oder das Kernnetz), welcher das gesammte Chromatin des Kernes enthält, soll sich mit einer besonderen Membran umgeben können und gewissermaßen einen Kern innerhalb des Kernes darstellen. Solche Bildungen, falls sich die obige Deutung bestätigen sollte, könnte man als Gesammtkernkörperchen (*Nucléoles noyaux*, Carnoy) bezeichnen. Es sollen sogar innerhalb eines Kernes mehrere derartige Gesammtnucleolen vorkommen können. Bei Amöben und Heliozoen muß der Befund eine ganz andere Deutung erfahren; denn es enthält hier das große Kernkörperchen überhaupt kein Chromatin (Fol).

Zweiter Abschnitt.

Die Teilung der Zelle.

Nomenklatur. Neuere Entdeckungen haben die Kenntnis der Vorgänge, welche sich bei der Zellteilung abspielen, so vollständig umgestaltet, daß ältere Bezeichnungen nicht mehr zu gebrauchen sind. Die neuentdeckten Strukturen mußten notwendigerweise benannt werden. Wer aber bereits bekannte und benannte Dinge umtauft, der gilt in den Augen Vieler als der eigentliche Entdecker, und so ist es gekommen, daß auf diesem Gebiete ein wahrer Turm zu Babel entstanden ist. Um dieser grenzenlosen Konfusion und Gesetzlosigkeit zu steuern, scheint es dringend geboten, die in der botanischen und zoologischen Systematik angenommenen Regeln, soweit thunlich, auf das vorliegende Feld anzuwenden.

Wir schlagen folgende Regeln vor, die wir selber zu befolgen bestrebt sind:

1. Wer neue Strukturen oder Vorgänge entdeckt, hat das Recht, dieselben zu benennen, und diese Namen dürfen von nachfolgenden Autoren nicht umgeändert werden — oder es müßten letztere den Beweis erbracht haben, daß die primitiven Bezeichnungen unbrauchbar seien, oder grundfalsche Vorstellungen erwecken.

2. Eine einmal regelrecht eingeführte Bezeichnung darf unter keiner Bedingung auf etwas anderes übertragen werden.

3. Wo zwei oder mehrere Bezeichnungen für den gleichen Gegenstand bestehen, soll die Priorität entscheiden. Abweichungen von dieser Regel seien nur unter dem sub 1 formulierten Vorbehalte gestattet, nämlich, daß die gänzliche Unbrauchbarkeit oder Irrtümlichkeit des ersten Namens ausführlich bewiesen ist.

Veranlassung zur Zellteilung. Die Zellen wachsen unter günstigen Umständen infolge der Ernährung und Assimilation. Die Vergrößerung der Zelle ist aber niemals eine unbeschränkte, denn es tritt eine Teilung ein, wodurch das Element in zwei neue, um die Hälfte kleinere Zellen zerfällt. Es werden hierdurch der Größe, die ein Zellenelement erreichen kann, gewisse Schranken gesetzt, welche freilich nur für eine jede Zellensorte konstant sind. Man darf jedoch nicht meinen, daß die Größe der Zelle für deren Teilung das einzig bestimmende Moment abgebe. Es sind Beispiele bekannt, daß Zellen sich zu wiederholten Malen teilen, obgleich das Wachstum ganz ausbleibt (Furchung von Eizellen), oder doch mit der Teilung nicht gleichen Schritt hält (Mutterzellen der männlichen Geschlechtsprodukte u. a.). Ferner weiß man, daß Pflanzenzellen, sowie gewisse Infusorien (Euglenen) nur zu einer bestimmten Stunde der Nacht sich vermehren. Bei mehrzelligen Tieren sind die Teilungsvorgänge nicht an eine besondere Stunde gebunden, sie finden aber dennoch schubweise und im ganzen Leibe annähernd gleichzeitig statt. Es scheinen die Ernährungsverhältnisse als Bestimmungsmoment eine Hauptrolle zu spielen, indem die Teilungen einige Stunden nach geschehener Mahlzeit auftreten. Dieses stimmt mit den bei Pflanzen gemachten Erfahrungen überein. Die Veranlassung zur Teilung geht also aus der Zusammenwirkung verschiedener innerer und äußerer Momente hervor.

Wer Zellteilungsfiguren in den Geweben höherer Tiere sucht, wird bald die Erfahrung machen, daß man bei gewissen Exemplaren in allen Organen zahlreiche, in der Teilung begriffene Zellen trifft, bei anderen Exemplaren dagegen nur wenige vereinzelte oder gar keine. Das Optimum der Teilungsthätigkeit scheint mehrere Stunden nach einer reichlichen Mahlzeit einzutreten. Bei der Eientwickelung, wo die Nahrung als Dotterkörnchen stets reichlich vorhanden ist, folgen die Teilungen regelmäßig und in bestimmtem Tempo auf einander. Ein sonderbares Schauspiel bieten die zu Tausenden auf einmal befruchteten Eier eines Fisches oder eines Seeigels, welche alle ganz genau im gleichen Moment die nämlichen Stadien der Teilung aufweisen. Temperatur und Sauerstoffmenge vermögen zwar die Vorgänge zu beschleunigen, resp. zu verlangsamen, ohne aber deren periodischer Wiederkehr in den Weg zu treten, wie eine Drehorgel, die man mehr oder weniger geschwind dreht, welche aber nichtsdestoweniger stets das gleiche Lied produziert.

Zwei Arten der Zellteilung werden gegenwärtig unterschieden, nämlich:

1. Die kinetische Teilung, auch indirekte Teilung oder Dierese genannt, ist durch das Auftreten von kinetischen Centren, von sternförmigen Figuren im Protoplasma, sogenannten Asteren, und von besonderen Anordnungen des Chromatins im Kerne (Mitosen, Flemming) charakterisiert. Es ist dies die gewöhnliche Teilungsart bei den Zellen der Metazoen und mit gewissem Vorbehalte auch bei Protozoen. Es handelt sich dabei durchwegs um Zweiteilungen. Eine Vierteilung tritt unter normalen Verhältnissen nur äußerst selten und an ganz bestimmten Stellen auf; in pathologischen Geweben werden dagegen Vier- oder Mehrfachteilungen öfters beobachtet. Wo im Folgenden von einer Teilung die Rede ist, wird als selbstverständlich vorausgesetzt, daß die Zweiteilung gemeint ist. Mehrfachteilungen werden dann zum Schlusse einer besonderen Besprechung gewürdigt.

2. Die Zellsprossung und die direkte Teilung könnten unter einer Benennung, die wir vorschlagen wollen, als anchonische Teilung (von $\alpha\gamma\chi o\nu\eta$, Zuschnürung) zusammengefaßt werden. Dabei zerfällt eine Zelle mitsammt ihrem Kern in einfachster Weise in zwei Teilstücke, indem beide Gebilde sich gleichzeitig etwas in die Länge ausziehen und alsdann in der Mitte sanduhrenförmig einschnüren. Dieser Vorgang tritt uns in weiter Verbreitung im ganzen Tierreiche, allerdings nur unter bestimmten Bedingungen, entgegen. Als Unterart betrachten wir diejenigen Zellteilungen, bei denen der Kern zuerst durchgeschnürt wird und die Zelle erst nach kurzer oder langer Zeit nachfolgt. Durch ganz allmähliche Übergänge verbindet sich die direkte Zellteilung mit der Sprossung, bei welcher Kern und Zelle zugleich buckelförmige Fortsätze treiben, die sich alsdann vom Zellenkörper abschnüren. Die Mutterzelle bleibt dabei bestehen, obschon durch Abgabe von kleineren Teilstücken vermindert. Es wäre rationeller, die einfache Teilung zuerst zu besprechen. Da aber negative Befunde deren Hauptcharakter ausmachen, so scheint es geboten, zuerst mit den positiven Befunden der indirekten Teilung nähere Bekanntschaft zu machen.

Eine dritte Art der Teilung, die Zerklüftung nämlich, verdient nicht neben den

beiden angeführten als ebenbürtig aufgestellt zu werden, da es sich um einen pathologischen Vorgang handelt. Bei derselben zerfällt der Zellenleib in unregelmäßige Stücke, welche mit Kernfragmenten versehen sind, oder auch nicht. Diese selten auftretende Erscheinung wird nur infolge tiefer Erkrankungen oder mechanischer Insulte beobachtet und muß somit deren Besprechung für das letzte Kapitel aufgespart bleiben.

Wir gehen nun zur Besprechung der beiden Hauptarten der Teilung über.

Die kinetische oder indirekte Teilung erstreckt sich räumlich in die verschiedenen Abschnitte der Zelle und umfaßt zeitlich eine Reihe aufeinanderfolgender Vorgänge. Die Erscheinungen müssen also ebenfalls nach Raum und Zeit auseinander gehalten werden, um in der Beschreibung Klarheit zu erlangen. Wir dürfen dabei nicht vergessen, daß diese Einteilung eine künstliche ist, welche weniger dem Gegenstande als dem Lehrzwecke entspricht. Dieser ausdrücklich vorausgeschickte Vorbehalt sollte stets dem Leser vor Augen bleiben, denn sonst würde er von den natürlichen Vorgängen aus unserer Beschreibung eine falsche Vorstellung erhalten.

Wir wollen also die Ereignisse bei der Zellteilung in Perioden oder Phasen unterbringen, deren jede wiederum in mehrere Stadien zerfallen soll.

Die Aufgabe wird dadurch erschwert, daß an verschiedenen Objekten die Vorgänge durchaus nicht in identischer Weise verlaufen. Wollten wir bei jeder Phase und jedem Stadium diese Verschiedenheiten alle gleich hervorheben, so könnte nur Konfusion daraus entstehen. Wir werden lieber wenige ausgewählte Beispiele einzeln nacheinander durchnehmen und bei jedem derselben die ganze Zellteilung zusammenhängend darstellen. Es werden nachher die einzelnen Vorgänge der Reihe nach unter Vergleichung aller Varietäten und Abweichungen vorgenommen werden, um das Wesentliche an denselben herauszufinden.

Das Wort indirekt zur Bezeichnung des vorliegenden Zellteilungsmodus läßt sich von verschiedenen Seiten angreifen, aber auch ebensogut verteidigen; ihm gebührt die Priorität und es erweckt dasselbe keine der Wahrheit widersprechende Vorstellung. Nicht so andere, vielfach gebrauchte Benennungen. Nachdem 1873 von Fol und von Schneider die ersten Angaben über die betreffenden Erscheinungen gemacht wurden, erschien 1874 eine Arbeit Auerbach's, worin eine Verflüssigung des in der Teilung begriffenen Kernes angenommen wurde; diese durch zwei Öffnungen an der Kernwandung in das Zellenplasma ausströmende Flüssigkeit sollte die Asterfiguren produzieren! Daher der Name Karyolyse für die Teilungserscheinungen des Kernes. Das Wort ging mit der falschen Vorstellung unter; an dessen Stelle setzte Schleicher das Wort Karyokinese, weil genannter Autor die, mittlerweile entdeckten Chromatinteile als in wimmelnder Bewegung begriffen und als Bewegungsagens bei der Zellteilung sich vorstellte. Da man nun schließlich nach diesen Irrwegen doch zur Vorstellung zurückkehren mußte, daß die Bewegung von den Asteren und besonders von deren Centren ausgeht, so müßte man das Wort Karyokinese als falsche Vorstellungen involvierend fallen lassen und in Astrokinese oder besser in Centrokinese umwandeln. Von dem Prinzipe ausgehend, daß man an den gebräuchlichen Bezeichnungen nur die notwendigsten Änderungen vornehmen soll und daß die kürzeren und wenig präjudizierenden Worte stets die besten sind,

schließen wir uns an Carnoy's Vorgang an und sagen anstatt Karyokinese einfach Kinese, mit welcher Abkürzung hoffentlich spätere Autoren auch einverstanden sein werden.

Die Hauptphasen der Kinese lassen sich in zwei Gruppen einteilen, nämlich die Vorbereitungs- und die Vollendungsphasen der Teilung. Wir müssen also zwischen beiden einen Scheidepunkt annehmen, welcher glücklicherweise in den Vorgängen durch einen relativen Stillstand, in der anatomischen Struktur durch eine einfache und prägnante Form scharf gezeichnet ist. Es ist dieses der Zeitpunkt, wo die Asteren, schön ausgebildet, den gegenüberliegenden Seiten des Kernes sich anlagern, wo sie untereinander durch Fasern verbunden sind, welche das Kerninnere durchsetzen, wo also die Doppelsternfigur, welche als Amphiaster (Fol 1877) bekannt ist, ihre volle Ausbildung erreicht; der Zeitpunkt ferner, wo die chromatischen Bestandteile des Kernes alle in der von beiden Asteren gleich entfernten Mittelscheibe des Kernes versammelt sind und die Kernplatte (Strasburger) bilden. Dieses Stadium betrachten wir als den Wendepunkt der Teilung, und da er noch mit keinem Namen belegt ist, so nennen wir ihn die Strophe (Fig. 121).

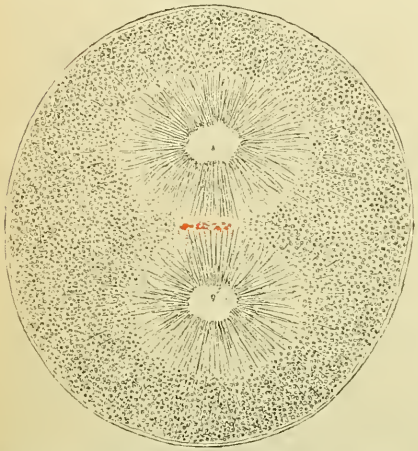


Fig. 121. Ei vom Seeigel (*Strongylocentrotus lividus*); erste Teilung mit dem Amphiaster zur Zeit der Strophe.

Diejenigen Vorgänge nun, welche zur Strophe hin leiten, nennt man Prophasen (Strasburger), die auf den Wendepunkt folgenden heißen Metaphasen (Strasburger). Nach wesentlich vollendeter Teilung des Kernes und der Zelle finden in der Regel noch langsame Veränderungen statt, welche die neuen Zellen in das Ruhestadium hinüberführen. Es sind dies die Anaphasen (Strasburger). Diesen gegenüber müssen wir die noch nicht benannten Vorgänge stellen, welche den Prophasen vorausgehen, und dieselben mit einem Namen versehen: wir wollen sie als Kataphasen zusammenfassen. Das Ruhestadium, d. h. die Zeit, welche vom Schlusse einer Kinese bis zum Anfang der nächsten Kinese verstreicht, nennen wir die Pause. Also Kataphasen, Prophasen, Strophe, Metaphasen und schließlich Anaphasen, welche zur Pause führen; mit diesem Cyklus können wir den ganzen Vorgang umfassen und ziemlich naturgemäß einteilen.

Die Hauptteile der kinetischen Figuren können dem Ursprunge nach in Zellteile und Kernteile, oder der physiologischen Leistung gemäß in die bewegenden und die bewegten geschieden werden. Diese zwei

Einteilungen decken sich durchaus nicht, sondern weichen in mehreren wichtigen Punkten auseinander. Bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft läßt sich keine von beiden durchführen; wir sehen daher lieber von einem Versuche in dieser Richtung ab und wollen nur die annehmbaren und gebräuchlichen Ausdrücke, womit in optischer Beziehung leicht unterscheidbare Teile bezeichnet sind, erläutern.

Betrachtet man das lebende Objekt oder ein mit essigsauren Mischungen fixiertes Präparat, so fallen in erster Linie zwei sternförmige Figuren auf, deren Mittelpunkte in geringer Entfernung von der Kernoberfläche oder an beiden Seiten der Kernüberreste sich befinden; es sind dies die Asteren. Diese bestehen aus radiär gestellten, nach allen Richtungen ausstrahlenden Sarkodefäden, nämlich den Radien. Außerhalb der Radienkugel sind noch radiär gerichtete, schwach angedeutete Linien sichtbar, welche aus radiär gestellten Maschen des Zellennetzes bestehen; es sind dieses die Strahlungen. Die stärksten Radien sind diejenigen, welche in das Innere des Kernes hineinragen. Die Gesammtheit dieser Radien hat man als Spindel oder Kernspindel bezeichnet (Bütschli 1874). Dieser Ausdruck galt anfangs einem anatomischen Begriffe, kann aber jetzt, wo wir wissen, daß die sogenannte Spindel aus sehr verschiedenartigen Dingen besteht, nur noch als bildlicher Begriff hingenommen werden.

Der Mittelpunkt eines jeden Asters wird von einem Körperchen eingenommen, welches man das Centralkörperchen oder Astrocentrum benennen mag.

Die aus beiden Asteren mit den Kernradien bestehende hantelförmige Figur wird Amphiaster genannt, unter welcher Bezeichnung wir keine morphologische Einheit, sondern das physiologische Zusammentreten genetisch verschiedenartiger Teile zu verstehen haben.

Wichtig sind die so vielfach beschriebenen Anordnungen der chromatischen Bestandteile des Kernes während der Teilung. Diese Figuren kann man als chromatische Figuren oder als Mitosen (Flemming) zusammenfassen.

Die chromatischen Kernteile sind während der Kinese in eine ganz bestimmte Anzahl runder oder fadenförmiger Stücke zerfallen, die man am besten als Chromomeren bezeichnen kann.

Die in der Äquatorialebene zwischen beiden Asteren vereinigten Chromomeren bilden im Ganzen genommen eine Scheibe, die Kernplatte. In einzelnen Fällen erscheinen die Chromomeren innerhalb der Scheibe kranz- oder rosenförmig angeordnet (Äquatorialkrone, Äquatorialrose).

Die zur Kernplatte wandernden Chromomeren bilden eine dornig aussehende Gruppe und können als Sertum (Dornenkrone) bezeichnet werden. Nachdem die Kernplatte sich in zwei Platten gespalten hat, bilden die geteilten Chromomeren die Doppelplatte oder Doppelkrone (Bicorona).

Nachdem 1877 die sternförmigen Figuren im Protoplasma sich teilender Zellen Asteren benannt (Fol) und der Name schon eingebürgert war, wandten andere Forscher 1879 diesen Namen auf die bereits als Kernplatte bekannte Figur an (Klein, Flemming). Da aber nicht nachgewiesen wurde und nicht nachgewiesen werden konnte, daß der Name Aster im primitiven Sinne unbrauchbar sei, noch weniger, daß er auf den neuen Gegenstand passe, so führen wir die Flemming'sche Terminologie nur als Beispiel von der Konfusion an, welche aus der Nichtbeachtung der oben angeführten Regeln erwachsen kann.

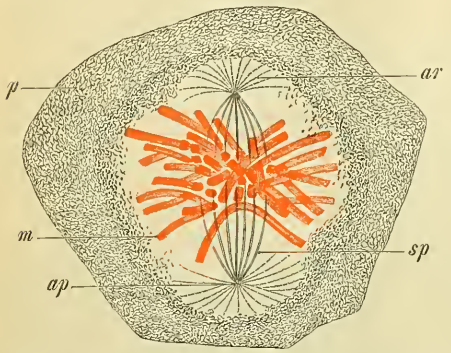


Fig. 122. Endothelzelle des Bauchfells der Salamanderlarve in der Prophase. Die chromatischen Schleifen bilden die Dornenkrone (Sertum) am Mittelteile der Amphiasterfigur. *ar* Asterradien, *ap* Astrocentrum, *sp* Kernfasern, *m* Chromatinschleifen, nach Flemming.

Daß der Name Amphiaster kürzer und bequemer ist als »die achromatische Kernspindel mit den beiden Polsonnen« (Hertwig, Boveri), liegt wohl auf der Hand.

Was den Ausdruck: »achromatische Figur« betrifft, so kann derselbe nur zu Mißverständnissen Veranlassung geben, da einmal die Asteren und deren Radien damit gemeint sind, das andere Mal die nicht färbbaren Bestandteile des Kernfadens. Im ersten Falle ist die Bezeichnung außerdem unpassend, da man zur achromatischen Figur die zumeist färbbaren Astrocentren mitrechnet.

Das Wesen der Kinese besteht darin, daß die Veranlassung zur Teilung von einem außerhalb des Kernes liegenden Centralkörperchen ausgeht, die Teilung sich alsdann auf den Aster erstreckt und endlich durch Einwirkung des geteilten Asters auf den Kern und auf die Zelle vollendet wird. Das Astrocentrum erscheint hantelförmig eingeschnürt zu einer Zeit, wo kein anderes Zeichen einer bevorstehenden Teilung sich entdecken läßt. Die Richtung, in welcher die Hantel liegt, ist bestimmend für die Lagerung der Achse des späteren Amphiasters. Beachtenswert ist, daß in allen bisher daraufhin untersuchten Fällen die Achse jeder Teilung zu der Achse der vorhergehenden rechtwinkelig gestellt ist und zwar so, daß drei aufeinanderfolgende Teilungen die drei Richtungen des Raumes befolgen. Scheinbare Abweichungen von dieser Regel konnten bereits auf sekundäre Verschiebungen des Amphiasters zurückgeführt werden. Es liegen aber zu wenig positive Beobachtungen vor, um über diesen Punkt bereits allgemeingiltige Gesetze aufstellen zu können.

Die Variationen in der Kinese sind von den einen mißverstanden, von den anderen dagegen überschätzt worden. Während die einen (Flemming u. a) sich als Hauptverdienst anrechnen, aus einem einzigen Objekte (*Salamandra*) ein Schema abstrahiert zu haben, welches auf alle Fälle passen sollte, kommen andere zum Schlusse, daß von allen bisher beschriebenen Vorgängen der Kinese keiner wesentlich, keiner

unabänderlich sei (Carnoy). Das Gemeinsame und Wesentliche kann erst aus einem gründlichen Studium möglichst vieler Fälle abstrahiert werden. Aus einem Falle ein Schema zu abstrahieren, das man allen Fällen wie eine Zwangsjacke anlegt, ist ein ebenso unwissenschaftliches Verfahren, wie das einfache Hinwegleugnen jeder Grundregel, weil dieselbe beim raschen Durchnehmen zahlreicher Objekte nicht sofort in die Augen springt. Wir sind im Folgenden bestrebt, eine dem Stande der Wissenschaft und unseren persönlichen Erfahrungen entsprechende Regel aufzustellen, sind uns aber dabei wohl dessen bewußt, daß ausgedehntere Kenntnisse dieselbe in vielen Punkten berichtigen und vervollständigen werden.

Als Ausgangspunkt wählen wir die Eier niederer Tiere, weil manche wichtige Vorgänge an denselben mit besonderer Deutlichkeit zu sehen sind und weil an diesem Objekte kein Zweifel über die richtige Reihenfolge der Bilder bestehen kann. Es stimmt dieses mit der leicht zu kontrollierenden Beobachtung überein, daß alle Haupterrungenschaften auf diesem Wissensgebiete von Forschern ausgingen, welche mit den Teilungserscheinungen solcher Eier wohl vertraut waren.

Die Teilungserscheinungen am Seeigeleie. Als Ausgangspunkt für die Beschreibung der kinetischen Teilung wähle ich das Echinodermenei, namentlich dasjenige des Seeigels (*Strongylocentrotus lividus*) und des Seesternes (*Asterias glacialis*), und zwar speziell die zweite Teilung des befruchteten Eies. Die erste Teilung wird deswegen beiseite gelassen, weil hier einige mit der Befruchtung zusammenhängende Vorgänge stattfinden, welche erst in einem anderen Kapitel zur Sprache kommen sollen. Sind auch einige Abbildungen von der ersten Teilung benutzt worden, so wurden dabei doch alle diejenigen Strukturen ausgelassen, welche nicht auch bei der zweiten und den weiteren Teilungen auftreten.

Die Gründe für diese Wahl werden sich aus dem Folgenden ergeben: Es zeigt sich, daß die meisten kinetischen Erscheinungen, die man anderswo beobachtet hat, am Echinodermenei mit besonderer Deutlichkeit zu sehen sind und daß dabei einige in theoretischer Beziehung wichtige, bisher verkannte Einzelheiten auftreten.

Es lohnt sich, um einen allgemeinen Überblick zu gewinnen, zunächst die Reihe der am lebenden Ei sichtbaren Figuren zu schildern und nachher, an dieselbe anknüpfend, die durch anatomische und mikrochemische Prozeduren sichtbar gemachten inneren Strukturen zu beschreiben.

Seeigeleier kann man überall und zu jeder Zeit am Meeresstrande leicht erhalten, indem man reife weibliche Individuen öffnet und die aus den angeschnittenen Ovidukten ausfließenden Eier mit einem Minimum spermatischer Flüssigkeit eines Männchens vermischt. *Asterias glacialis* laicht nicht das ganze Jahr hindurch; im Herbst aber und bis in den Monat Januar sind geschlechtsreife Individuen leicht zu haben. Die Entwickelung der Eier verfolgt man, indem man von Zeit zu Zeit eine Portion unter das Mikroskop bringt. In den gewünschten Momenten werden einige Tausend Eier mit der Pipette aufgenommen und in meine picro-essig-osmiumsaure Mischung geworfen. Nach zweistündiger Einwirkung des Fixierungsmittels werden

die Eier auf einen Filter aus feiner Leinwand gebracht, den man nachher zusammenbindet und mit einer Etiquette versehen in einem hohen Glascylinder aufhängt, welcher 70 % Alkohol enthält. Hat man auf diese Weise eine Anzahl Stadien in ebensovielen Filtern im Glase aufgehängt, so genügt ein zweimaliger Wechsel des Alkohols, um im Verlaufe von 2—3 Tagen die Säuren auszuwaschen. Hierauf werden die Eier auf 48 Stunden in eine Mischung von salzsaurem Alkohol und Boraxkarmin nach meiner Vorschrift gebracht und in angesäuertem Alkohol ausgewaschen. Die Eier werden nun schließlich aus ihren zusammengebundenen Filterchen genommen, mit absolutem Alkohol, Nelkenöl, Terpentinöl behandelt, in Paraffin eingeschlossen, mit dem Mikrotome in dünne Scheiben zerlegt und schließlich in Canadabalsam oder Glycerin mit oder ohne Nachfärbung mittelst Methylgrün, Heidenhain's Hämoxylin etc. aufgestellt. Durch diese von uns zuerst auf dieses Objekt angewandte Methode gestalten sich diese Eier zu den schönsten und lehrreichsten Präparaten für das Studium der kinetischen Vorgänge.

Die kinetische Teilung am lebenden Objekte wollen wir der Klarheit wegen in die oben besprochenen Hauptperioden einteilen:

1. Die Kataphase greift in die Anaphase der vorhergehenden Zellteilung ein. Die neuen Kerne sind noch nicht zur Ruhe gelangt und der helle Fleck, welcher dieselben umgiebt, zeigt einen langen Zipfel in der Richtung gegen die vorige Teilungsebene; da zeigt dieser Fleck schon eine Andeutung zur nächsten Teilung, indem er an seiner äußeren Seite in zwei Zipfel ausgezogen erscheint (Fig. 126). Die Strahlungen im Dotter sind noch gegen den mittleren Teil des hellen Fleckes gerichtet; sie ändern aber ihre Lage allmählich so, daß sie schließlich auf die beiden äußeren Zipfel gerichtet erscheinen, während der innere Zipfel eingezogen wird. Der innere Zipfel ist ein Rest des vorigen Amphiasters, aus den äußeren Zipfeln bildet sich der neue Amphiaster heraus, welcher somit auf den ersteren senkrecht zu liegen kommt.

2. Die Prophase bietet einen länglichen hellen Fleck mitten in der Zelle (Fig. 123 *a*); die beiden unregelmäßig angeschwollenen Enden sind aus den äußeren Zipfeln der vorigen Phase hervorgegangen. Von diesen

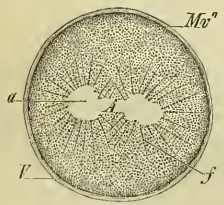


Fig. 123. Ei des Seeigels (*Strongylocentrotus lividus*) während der Prophase. *A* mittlerer Teil des Amphiasters, *a* Asteren, *f* Asterradien n. d. Leben gezeichnet nach Fol.

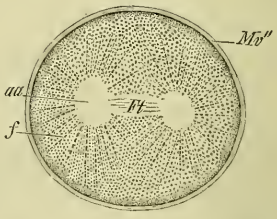


Fig. 124. Ei des Seeigels während der Strophe n. d. Leben gezeichnet. *Ft* Kernradien, *f* Asterradien, *aa* Asteren nach Fol.

Enden erstrecken sich radiär gerichtete Linien in den Zellenkörper, und zwar so, daß sie auf die Mittelpunkte der Anschwellungen gerichtet erscheinen. Im Mittelstücke (*A*) ist zu Anfang der Prophase der oval verlängerte Kern noch unterscheidbar; gegen Ende dieser Periode dagegen

kann man von ihm nichts mehr sehen. Die Helligkeit des Fleckes wird wesentlich dadurch bedingt, daß in ihm die sonst im ganzen Zellkörper vorhandenen Dotterkörnchen gänzlich fehlen.

3. Die Strophe fällt mit dem Zeitpunkte zusammen, wo die im vorigen beschriebene Figur in eine mehr hantelförmige (Fig. 124) übergeht. Es ist dasjenige Stadium, in welchem der Amphiaster die regelmäßigste Gestalt zeigt. Diese Phase ist von kurzem Bestande und geht bald in die nächste über.

4. Die Metaphase (Fig. 125) zeichnet sich beim ersten Blicke durch die eintretende Einschnürung des Zellleibes aus. Die hellen Flecke der Asteren sind größer geworden und mehr abgerundet. Die Strahlungen dringen bis zur Oberfläche der Zelle vor. Der Verbindungsstiel zwischen beiden Flecken erscheint dünn ausgezogen. Gegen Ende der

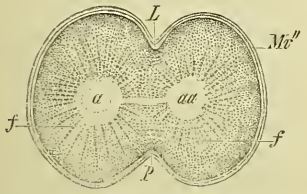


Fig. 125. Ei des Seeigels, lebend, während der Metaphase, Buchstaben wie oben, nach Fol.

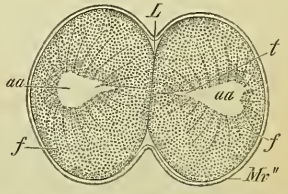


Fig. 126. Ei des Seeigels, lebend, während der Kataphase und Anfang der Anaphase, Buchstaben wie oben, nach Fol.

Periode wird dieser Stiel ganz entzwei gerissen; die Kreisfurche an der Zellenoberfläche wird immer tiefer, bis die Zelle in zwei zerfällt. Die Membran dringt in die Furche ein bis zu einem gewissen Punkte, kehrt aber nachher zur ursprünglichen Lage zurück und spannt sich von einer Zelle zur anderen glatt aus.

5. Die Anaphase (Fig. 126) beginnt nach vollendeter Zellteilung und betrifft die innere Zellen- und die Kernstruktur. Die Asteren sind weniger scharf ausgeprägt und verblassen allmählich, ohne jedoch ganz zu verschwinden. Die neuen Kerne werden in Gestalt zusammenfließender Bläschen sichtbar. Die hellen Flecke haben eine mehr dreieckige Gestalt; die eine Ecke entspricht den Resten des Verbindungsstieles, die beiden äußeren Ecken beziehen sich auf die Kataphase der nächsten Teilung und bilden deren Anfang. Die Asterradien erscheinen allmählich auf diese Ecken centriert und hiermit ist der Ursprung des nächsten Amphiasters schon gegeben. Ein Ruhestadium tritt bei diesem Objekte nicht auf und die successiven Teilungen greifen sogar ineinander.

Wir schreiten nun zur Beschreibung der inneren Vorgänge, wie sie sich durch Anwendung geeigneter Reagentien und der Methoden der mikroskopischen Anatomie offenbaren.

Die Katakinese am Seeigel- und Seesternei beginnt, wie gesagt, während der Anaphase der vorigen Zellenteilung. Der neugebildete und

noch nicht abgerundete Kern hat den Mittelpunkt der neuen Zelle noch nicht genau eingenommen. Ihm liegt seitlich eine wasserhelle Substanz an, deren Grenzen nicht mehr wie am lebenden Objekte in zwei Zipfel ausgezogen, sondern mehr abgerundet erscheinen. Es entspricht nämlich dieser helle Fleck nur dem mittleren Teile der am lebenden Objekte hell erscheinenden Stelle, welche außer ihm noch den ganzen Aster umfaßt. Diese auch nach der Gerinnung durch Fixierungsmittel hell bleibende Substanz, welche das Innere der Asterfigur einnimmt, wollen wir das Astrocoel nennen. Die bevorstehende Teilung desselben ist bereits an einem durch Reagentien sichtbar gemachten Körperchen zu sehen, welches den Mittelpunkt der hellen Sphäre einnimmt (corpuscule central, Fol 1879, Centrosoma Boveri 1889). Es möge dasselbe als Astrocentrum oder Centrosoma ferner bezeichnet werden. Dieses Mittelkorn nun ist nicht mehr rund, sondern sichelförmig in die Länge gezogen (Fol 1879) und giebt hierdurch wahrscheinlich den Anstoß zu der neuen bevorstehenden Teilung, jedenfalls aber ist es das erste sichere Zeichen derselben (v. Beneden, Boveri).

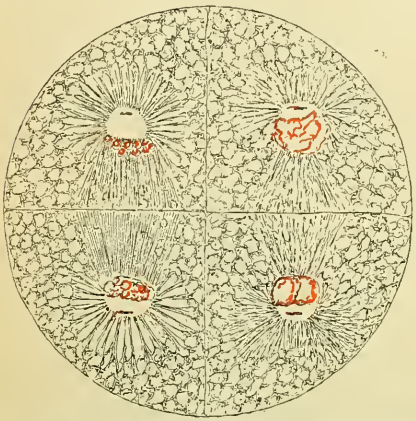


Fig. 127. Ei des Seeigels (*Strong. liv.*) in Picro-essig-osmium getötet, in Boraxcarmin gefärbt. Querschnitt in Glycerin aufgestellt. Das Bild ist aus vier verschiedenen Querschnitten zusammengestellt. Metaphase der zweiten Teilung des Eies links oben und unten, Anaphase rechts oben und unten. Originalfigur.

Das Astrocoel verschwindet dadurch, daß der neue Kern in dasselbe hineintritt und sich daselbst ausbildet; die beiden Zipfel aber bleiben bestehen und enthalten je ein Teilstück des Centrums, welches einstweilen in zwei zerfallen ist. Eine gleiche Teilung erfährt gleich darauf der allerdings verkleinerte aber noch mit deutlichen Radien versehene Aster. Die Mitte der neuen Asteren wird von einer etwas färbbaren und nicht ganz wasserhellen Substanz eingenommen, welche die Centren umgiebt; wir bezeichnen sie als die Astrosphären. Später quellen dieselben auf und werden zu den Astrocoelen der inzwischen wieder schön ausgebildeten beiden Asteren. Diese typische Ausbildung erlangen aber die Asteren erst dann, wenn die Astrocentren so ziemlich an ihren bleibenden Stelle angelangt sind und sich an den beiden Kernenden gegenüberstehen. Es nimmt alsdann die Prophase ihren Anfang und im Innern des Kernes werden Veränderungen sichtbar, welche im nächsten Paragraph zur Besprechung gelangen.

Die Prokinese dauert nur etwa halb so lange wie die Kataphase. Die Asteren wachsen und nehmen eine regelmäßig runde Gestalt an; ihre

innere Höhle wächst ebenfalls und rundet sich ab. Die Astrocentren sind kegel- oder eiförmig. Der Kern erscheint, bis auf die chromatinhaltigen Fädchen, wasserhell und leer; seine Membran ist nicht prall angespannt, sondern schlaff. Die Fädchen liegen ohne wahrnehmbare Ordnung in allen Teilen des Kerninneren zerstreut. Anfangs sind es unregelmäßig gestaltete Klümpchen, welche die Kernfärbungsmittel sehr schwach aufnehmen. Nach und nach zieht sich aber ihre Substanz zu Fäden aus und zugleich wird die Kernfärbung an denselben immer intensiver, bis kurz vor der Strophe das Maximum der Färbbarkeit und Deutlichkeit erreicht ist.

Vergleicht man die Fig. 128 rechts und links miteinander, so fällt vor allen Dingen auf, daß die Asteren beträchtlich nach allen Richtungen und namentlich gegen den Kernraum hin wachsen. Die Kernhöhle verschwindet zusehends, die Chromomeren werden von den wachsenden Asterradien verdrängt, bilden im Ganzen eine scheibenförmige Gruppe und diese wird immer dünner, bis alle Chromomeren zwischen beiden Asteren flachgedrückt in einer Ebene liegen. Während dieses Vorganges sind die Chromomeren zuerst *c*-förmig gekrümmt und stehen meist aufrecht nebeneinander; nachher krümmen sie sich *s*-förmig oder legen sich in die verschiedensten Biegungen. Die äußere Kontur der Gruppe zeigt vielfach abstehende Fadenenden, welche dem Ganzen das Aussehen einer Dornenkrone (Sertum) verleihen. Um eine vollständige Einsicht in die sertile Anordnung zu gewinnen, muß man aber eine Flächenansicht auf das Sertum mit einem Querschnitt durch dasselbe vergleichen. Es zeigt sich alsdann, daß die scheibenförmige Gruppe in der Mitte am dünnsten ist, indem beide Flächen dellenförmig vertieft sind, und daß die Chromomeren am Rande größer und dichter gedrängt sind, während am Mittelteile spärlichere kleinere Fädchen liegen.

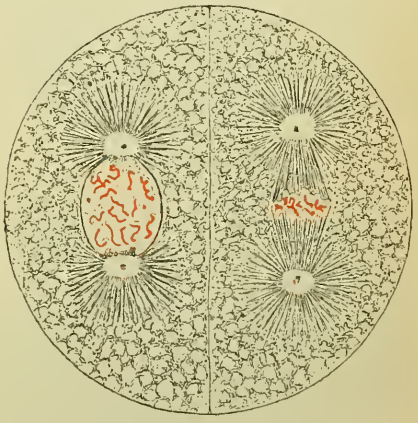


Fig. 128. Ei des Seeigels, gleiche Behandlung wie Fig. 127. Aus zwei verschiedenen Eiern zusammengestelltes Bild: Kataphase der zweiten Eiteilung links, Prophase rechts. Originalfigur.

Die Prokinese umfaßt noch zwei Erscheinungen, die wir besprechen müssen, nämlich den Schwund der Kernmembran und die Ausbildung der Kernradien. Die Kernhülle verschwindet zunächst an ihren den Asteren zugekehrten Seiten; in seltenen Fällen jedoch bleibt sie auch an diesen Stellen längere Zeit bestehen und wird vor den andrängenden Kernradien in das Kerninnere gestülpt (Fig. 128 links). Solche

Fälle sind hochinteressant, weil sie die streitige Frage über die Herkunft der Kernradien zu lösen gestatten, und die gewonnene Lösung gilt natürlich auch für diejenigen Fälle, wo der frühe Schwund der Membran eine Unterscheidung nicht gestattet. Die Kernradien sind also weiter nichts als Asterradien, welche in das Kerninnere eindringen und sich an die Chromomeren ansetzen. Wie die besondere Deutlichkeit, welche dieselben von den übrigen Asterradien unterscheidet, zu erklären ist, ob sie sich zu mehreren gruppenweise zusammenfügen, oder ob sie durch Stützsubstanzen des Kernes verstärkt werden, läßt sich zur Zeit nicht bestimmen.

Die Strophe ist kein Ruhestadium — ein solches kommt in der Entwickelung des Echinideneies überhaupt nicht vor — sondern ein Übergangsstadium von kurzer Dauer (etwa 5 Minuten). Die kinetische Figur nimmt die geometrisch einfachste Gestalt an und ist zu keiner Zeit so leicht verständlich. Die beiden Asteren stehen sich symmetrisch gegenüber und erstrecken ihre Radien fast bis zur gegenseitigen Berührung. Von einem Astrocentrum zum anderen erstreckt sich eine spindelförmige Figur oder, richtiger gesagt, ein Doppelconus. Die Radien (Kernradien) erscheinen innerhalb desselben schärfer als die im Zellenkörper divergierenden, sind ebenfalls auf den Mittelpunkt des Asters gerichtet, erreichen denselben aber ebensowenig wie die anderen Radien, sondern brechen an der Oberfläche der Astrosphäre scharf ab. Die Mittelscheibe nun, zwischen den beiden konischen Kernradiengruppen, wird von den Chromomeren eingenommen und von einer ungefärbten Substanz, dem Achromatin, worin die gefärbten Fädchen suspendiert liegen. Letztere erscheinen bei seitlicher Ansicht des gefärbten Präparates als dunkle Querlinie, von der Fläche gesehen dagegen als unregelmäßig innerhalb eines Kreises zerstreute *c*- oder *s*-förmig gekrümmte dunkle Striche. Gegen den Rand des Kreises sind die Chromomeren länger und dichter aneinander gedrängt, im Inneren dagegen kleiner und spärlicher. Von einer rosenförmigen Anordnung, wie sie bei anderen Objekten auftritt, ist hier nichts deutliches zu sehen, was möglicherweise mit der großen Anzahl (36) der Chromomeren zusammenhängt. An dünnen Durchschnitten scheint es, als ob mit jeder Chromomere nur ein Kern-

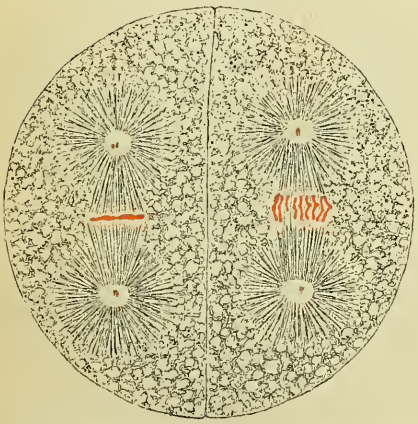


Fig. 129. Ei des Seeigels; gleiche Behandlung wie oben; aus zwei verschiedenen Eiern zusammengestelltes Bild: Strophe links, Anfang der Metaphase rechts. Originalfigur.

radius jederseits sich verbinde. Äußerlich zeigt die Zelle zu dieser Zeit noch keine Gestaltveränderung.

Die Metakinese läuft anfangs äußerst schnell ab, geht aber dann gemäßigteren Schrittes in die langsamen Vorgänge der Anakinese über. Es beginnt diese Phase mit der Teilung der Chromomeren, welche, nach dem seltenen Auftreten der betreffenden Bilder zu urteilen, nur wenige Minuten in Anspruch nehmen dürfte. Die Spaltung beginnt am centralwärts gerichteten Ende eines jeden Fadens und schreitet bis zum äußeren Ende desselben fort, wobei der teilweise gespaltene Faden wie ein ⌒ aussieht. Die Teilstücke sehen nach vollendeter Trennung wie kurze Stäbchen aus, welche in zwei scheibenförmigen Gruppen auseinanderrücken. Die beiden Stäbchen eines jeden Paares hängen aber noch längere Zeit durch eine ungefärbte Substanz zusammen. Diese wird fadenförmig ausgezogen und stellt die sogen. Verbindungsfäden dar, ein von einer Scheibe zur anderen hinziehendes cylindrisches Bündel. Schließlich reißen auch diese Fädchen durch und ballen sich mit den chromatischen Stäbchen zu kugelförmigen Gebilden zusammen. Dieser Vorgang fällt mit dem Zeitpunkte zusammen, wo die Stäbchen den Rand des Astrocoels erreichen. Sind sie abgerundet und etwas angeschwollen, so pressen sie sich gewissermaßen aus dem Kernradienbündel heraus und fallen in die Astrocoelhöhle, wo sie weiter wachsen. Eine jede solche Kugel besteht also aus zwei Substanzen, einer färbbaren und einer ungefärbten, und beide zusammen stellen eine Karyomere dar. Die jüngsten kugelförmigen Karyomeren lassen bei scharfer Beobachtung auf dünnsten Schnitten erkennen, daß sie eine Hülle und einen Centralteil aus ungefärbter Substanz und eine mittlere kreis- oder *c*-förmige Lage von Chromatin besitzen. Die Quellung betrifft alsdann den innersten farblosen Teil, sodaß jede Karyomere wie ein Bläschen aussieht, an deren Wandung der *c*-förmig gekrümmte Chromatinfaden haftet. Es verwachsen nun diese Bläschen zu 2 oder 3 miteinander, und

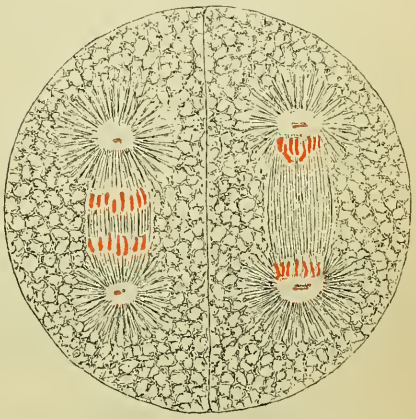


Fig. 130. Ei des Seeigels; gleiche Behandlung wie oben. Aus zwei verschiedenen Eiern zusammengestelltes Bild: Metaphase links, Ende der Metaphase rechts. Originalfigur.

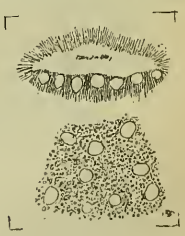


Fig. 131. Die Karyomeren am Rande des Astrocoels angelangt, am Ende der Metaphase der zweiten Teilung des Seeigeleies. Präparat wie Fig. 130 und 132, stärker vergrößert. Originalfigur.

die zusammengesetzten Blasen verwachsen wiederum so, daß ein unregelmäßig lappiges oder maulbeerförmiges Gebilde entsteht, wo die Chromomeren stets an die Wandungen gepreßt erscheinen. Es gehören diese Vorgänge aber bereits zur Metakinese und sollen später besprochen werden.

Über die Natur der beiden Bestandteile einer Karyomere wissen wir nichts sicheres, denn es entbehrt noch die Behauptung, daß der färbbare Teil aus Nuclein, der ungefärbte aus Plastin (Zacharias) oder aus Linin (wie es die Botaniker nennen) bestehe, eines sicheren Beweises. Die Färbbarkeit ist übrigens ein relativer Begriff; reine Kernfärbungen geben hübsche, aber mangelhafte Bilder. Weit besser wird man über Gestalt und Schicksal der Karyomeren unterrichtet, wenn man recht dunkel, z. B. mit Heidenhain's Hämatoxylin färbt und sehr dünne Schnitte anfertigt. Außer den eigentlichen Chromatinfäden erscheint unter solchen Umständen auch ein Teil der Bläschenwandung gefärbt und besteht diese somit aus einer besonderen Substanz, die man beiläufig als Hemichromatin bezeichnen kann.

Während dieser Vorgänge verliert der mittlere Teil der kinetischen Figur die doppeltkonische Gestalt, wird tonnenförmig und später cylindrisch. Die Astrocoelhöhlen vergrößern sich noch bedeutend, dehnen sich in die Breite aus und nehmen die Gestalt eines Eies an. Hat man eine flachliegende Amphiasterfigur vor sich, so erscheint also das Astrocoel entweder kreisrund oder elliptisch, je nachdem man auf dasselbe von der Schmal- oder von der Breitseite blickt. Mit dieser Ausdehnung in die Breite stimmt die Gestaltsveränderung des Astrocentrums überein. Das Kügelchen zieht sich zu einem Stäbchen aus, welches schwach gekrümmt erscheint und zwar so, daß die konkave Seite den versammelten Karyomeren zugekehrt ist. Die Länge des Stäbchens stimmt mit dem größten Durchmesser des Astrocoels überein, liegt also senkrecht auf die Amphiasterachse und deutet bereits auf die Kataphase der folgenden Zellteilung hin. Das stäbchenförmig gedehnte Astrocentrum schwebt nicht mehr in der Mitte des Astrocoels, sondern in dem vom neuentstehenden Kerne abliegenden Teile desselben.

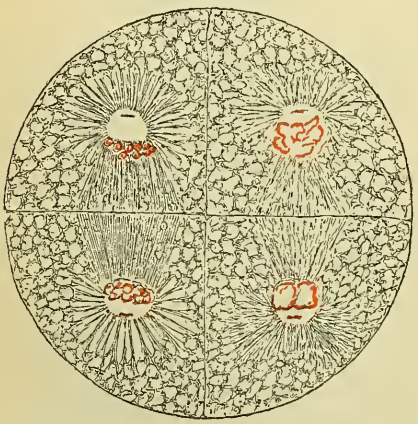


Fig. 132. Ei des Seeigels; gleiche Behandlung wie oben. Aus vier verschiedenen Eiern zusammengestelltes Bild: Ende der Metaphase links oben, Anfang der Anaphase links unten, Fortgang der Anaphase rechts oben und rechts unten. Originalfigur.

Die Einschnürung der Zelle beginnt, nachdem die Karyomeren

bereits in das Astrocoel gelangt sind, und schreitet bis zur Trennung der neuen Zellen während der letzten Stadien der Metaphase rasch vor. Das zwischen den neugebildeten Kernen bestehende cylindrische Verbindungsbündel ist einigermaßen am Vorgange beteiligt, indem eine Körnchenplatte in der Äquatorialebene an demselben erscheint und die bevorstehende Durchschnürung vorbereitet.

Die Anakinese umfaßt minder prägnante Erscheinungen. Die aus der Vereinigung zahlreicher Karyomeren entstandenen 2 bis 3 großen Kernbläschen vereinigen sich wiederum zu einer einzigen Blase, welche durch weitere Quellung den Astrocoelraum ausfüllt. Die Asterradien erscheinen federbuschförmig nach hinten gekrümmt und büßen an Deutlichkeit und Ausdehnung manches ein. Es ist für sie ein Bewegungsstadium eingetreten, indem sie aus der früheren monocentrischen Anordnung in eine dicentrische übergehen und hierdurch die Katakinese der folgenden Teilung, welche am Astrocentrum beginnt, weiter ausbilden.

Die kinetische Teilung am Nematodeneie ist in neuerer Zeit an *Ascaris megalocephala* sehr eingehend untersucht (E. van Beneden) und die Hauptpunkte durch lebhafte Diskussion (Nussbaum, Zacharias, Kulchitzky, Boveri) in ziemlich befriedigender Weise festgestellt worden. Es verdient ferner dieses Objekt deßwegen unser Interesse, weil an ihm die Längsspaltung der Chromatinfäden (v. Beneden 1883) entdeckt wurde und wichtige Aufschlüsse (v. Beneden 1887, Boveri 1888) über das Verhalten der, freilich schon aus dem Seeigeleie wohlbekannten Asteren und Astrocentren (Fol 1879) gewonnen worden sind.

Die Kataphase ist aus Schema Fig. 140 und sogar schon bei Fig. 139 ersichtlich und durch die successive Teilung der Astrocentren (Fig. 139) und der Asteren (Fig. 140) gekennzeichnet. Ganz besonders deutlich ist hier die sanduhrenförmige Einschnürung und der Zerfall der Centra unter Gestaltsveränderungen, welche an das alte Schema der Zellteilung erinnern. Hier kann man die Asteren und deren Centra durch die successiven Teilungen verfolgen und feststellen, daß es sich um persistierende Zellenteile handelt. Über die Centra gehen freilich die Ansichten auseinander; während die einen (van Beneden und Neyt) dieselben ebenfalls persistieren lassen, behaupten andere (Boveri), daß die Astrosphären abwechselnd größer und kleiner werden, und daß die Centra nur zeitweise inmitten einer jeden Sphäre erscheinen, wenn diese ihr Maximum erreicht. Die Erfahrungen am Seeigeleie sind geeignet, diese Widersprüche zu erklären und die Frage im Sinne einer Persistenz der Centra zu entscheiden.

Eine dritte Ansicht, wonach (bei *Rhynchelmis*) die Centren jedesmal inmitten der Asteren neu entstehen und zu den Asteren der nächsten Teilung anwachsen, also gewissermaßen junge Asteren darstellen würden (Vejdovský), steht ganz vereinzelt da. Es entbehrt diese Einschachtelungstheorie einer thatsächlichen Begründung.

Die Prophase bietet ganz abenteuerliche Stellungen der Chromatin-

fäden infolge der bedeutenden Länge derselben, und weil sie im Zellenplasma zu einer Zeit frei werden, wo die Asteren noch etwas seitlich von der Fadengruppe liegen (Fig. 133). Von der Art und Weise, wie sich die Asterradien an die Fäden ansetzen, wird später noch die Rede sein. Es sei nur erwähnt, daß an diesem Objekte mit ganz besonderer Deutlichkeit sich feststellen läßt, daß die Kernradien den gleichen Ursprung haben wie die übrigen Asterradien, und daß die abgerundeten Asteren

Fig. 133. Ei von *Ascaris megalocephala*, Prophase der ersten Teilung, abnorm, mit seitlich abliegenden Chromomeren, nach Boveri.

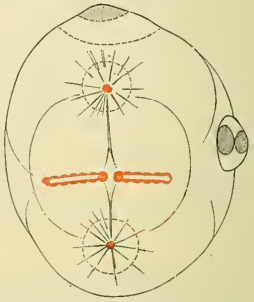


Fig. 134. Ei von *Ascaris megalocephala*, erste Teilung, Strophe, nach v. Beneden.

an die Chromatinfäden einzelne Radien entsenden, wie eine Heliozoe einer Beute ihre Pseudopodien entgegenstreckt (Fig. 133).

Die Strophe (Fig. 134) ist wegen der geringen Anzahl der Chromatinschleifen leicht verständlich. *Ascaris megalocephala* tritt in zwei äußerlich nicht unterscheidbaren Varietäten auf, deren eine vier Schleifen, die

Fig. 135. Lagerung der Chromomeren während der Strophe der ersten Eiteilung von *Ascaris megalocephala*, nach Boveri (links oben und unten und rechts unten) und nach v. Beneden (rechts oben).

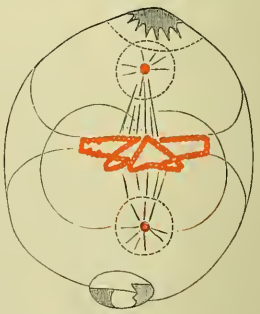


Fig. 136. Ei von *Ascaris megalocephala*, erste Teilung, Anfang der Metakinese, Spaltung der Chromomeren, nach v. Beneden.

andere deren bloß zwei aufzuweisen hat (Boveri). Unsere, d. h. v. Beneden's, Schemata sind nach dem 4. Typus entworfen. Interessant sind die verschiedenen Lagerungen der Schleifen, wie sie sich von der Asterseite

gesehen darstellen. Die Ordenssternform (Fig. 135 links oben) ist nur ein besonderer Fall, denn es kommen alle möglichen Rosettenzeichnungen vor (Fig. 135 unten und rechtsseitige Figuren). Die Schleifen zeigen öfters die rosenkranzartigen Verdickungen, denen einzelne Forscher (Pfitzner) eine Wichtigkeit zuschreiben, welche denselben abgeht.

Die Metaphase beginnt mit der Längsspaltung der Chromatinschleifen, welche zuerst (v. Beneden) gerade an diesem Objekte beobachtet wurde. Die Schleifen sind bandförmig und so gestellt, daß sie ihre Schmalseiten

Fig. 137. Schema der Metakinese, zweites Stadium am Ei von *Ascaris megalocephala*, nach v. Beneden.

Fig. 138. Schema der Metakinese, drittes Stadium am Ei von *Ascaris megalocephala*, nach v. Beneden.

den Asteren zukehren. Die Bänder erscheinen anfangs verbreitert und spalten sich dann der Länge nach entweder in ihrer ganzen Ausdehnung zugleich, oder häufiger am Schleifenwinkel zuerst, und dann allmählich bis zu den nach außen sehenden freien Enden, wo die Verbindung am längsten bestehen bleibt (Fig. 136, 137). Beim Auseinanderrücken der Tochterschleifen (Fig. 138) bleiben dann die freien Enden gegen die Teilungsebene gerichtet und die Schleifenwinkel gehen voran. An letzteren

Fig. 139. Metakinese, viertes Stadium am Ei von *Ascaris megalocephala* in der ersten Teilung, nach v. Beneden.

Fig. 140. Anakinese am Ei von *Ascaris megalocephala* in der ersten Teilung, nach v. Beneden.

macht sich nun eine Knickung bemerklich, welche dadurch zustande kommt, daß der Zug von seiten der Asterradien weniger am Winkel als in einiger Entfernung rechts und links von denselben am stärksten wirkt (Fig. 139). Die Astrocentren schnüren sich bereits sanduhrenförmig ein.

Die Anaphase bietet den bemerkenswerten Umstand, daß die neuen

Kerne die äußere Gestalt der betreffenden Schleifengruppen wiederholen (Fig. 140). Man kann sich die Kerne durch Aufquellung und Verlötung der Schleifen entstanden denken (v. Beneden), wobei das Chromatin sich in Körnchen auflöst, welche an der Peripherie der gequollenen Schleifen und später an der Peripherie des ganzen Kernes sich ansammeln. Es stimmt dieses also mit den am Geryoniden- und am Seeigeleie (Fol 1873 und 1879) gemachten Erfahrungen überein. Die Kerne gehen in die Katakinese über, ohne die runde Bläschengestalt erreicht zu haben.

So außerordentlich günstig das Ei von *Ascaris megalocephala* auch sein möge, wegen der geringen Zahl und der kolossalen Größe ihrer Chromomeren, und wegen der deutlichen Abgrenzung der Asteren, so hat dennoch dieses Objekt zu zahlreichen Irrtümern verleitet, weil die Eihüllen für Chemikalien eine Undurchdringlichkeit besitzen, welche alle Versuche, das Ei momentan durch geeignete Mittel zu fixieren, vereiteln. Eisessig, absoluter Alkohol und dergl. dringen zwar nach mehreren Minuten durch, sind aber schlechte Fixierungsmittel. Die bestbewährten Mischungen dringen entweder gar nicht oder erst nach langen pathologischen Veränderungen des Eies in dasselbe hinein. Die lebhaften Kontroversen (v. Beneden, Nussbaum, Carnoy, Zacharias, Kulchitzky, Boveri) sind außerdem durch willkürliche Terminologieen verwickelt, welche die Anknüpfung an längst bekannte Thatsachen außerordentlich erschweren. So hat z. B. van Beneden die längst bekannten Asteren als »sphères attractives« beschrieben, Boveri die gleichen Teile **Archoplasmakugeln** getauft. Daß die Asteren im dotterreichen Eie der Ascariden, wenn mit konzentrierten Chemikalien mißhandelt, wie scharf umschriebene Kugeln aussehen müssen, ist leicht begreiflich; wir können aber in diesem Umstande keinen genügenden Grund erblicken, um dieselben anders zu benennen. Die längst bekannten Astrocentren (v. Beneden 1874; Fol 1879, Taf. IV, Fig. 9, Taf. VI, Fig. 12, 13, 14, 15, 17, Taf. VII, Fig. 3, 4, 5, 6, 7, 17, Taf. VIII, Fig. 10, 16, Taf. IX, Fig. 8, 9, 10, 11, überall mit den Buchstaben *ac* bezeichnet) hat man in den Centrosomen Boveri's und den Periplasten Vejdovský's um so weniger wieder erkannt, als es genannte Verfasser unterlassen haben, an frühere Beobachtungen des Gegenstandes anzuknüpfen. In gewissen Lehrbüchern (Kölliker's Gewebelehre) findet man solche bequeme, durch Nichtcitieren der Vorgänger erworbene Verdienste sehr hoch angeschlagen (siehe z. B. Kölliker's Urteil über die Verdienste eines Herrn Rabl!)

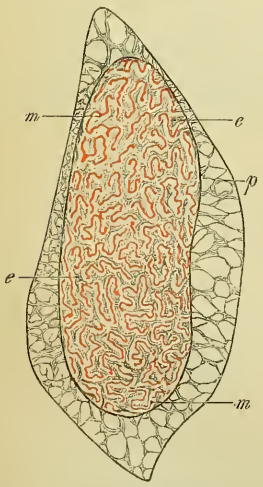


Fig. 141. Ein Kern aus der Harnblasenwand von Salamandra in der Kataphase. Chromosmium-Hämatoxylinpräparat. Originalfigur.

Die kinetische Teilung an den Gewebszellen von Salamandra ist wegen der Größe der fadenförmigen Chromomeren zum Lieblingsgegenstand für das Studium der chromatischen Figuren geworden und hat zu ergebnisreichen Arbeiten (Flemming, Retzius) das Material geliefert. Den rasch sich entwickelnden Eiern gegenüber müssen wir hier zunächst das Vorhandensein eines wirklichen Ruhestadiums verzeichnen. Der Behauptung, daß das Kerninnere beständig gegen die Astrocentren centrisch angeordnet sei, müssen wir auf das Entschiedenste

entgegentreten. Am Chromatin ist während der Ruhestadien keine Fadenstruktur wahrzunehmen, sondern eine netzförmige oder schwammige Anordnung.

Bei der Kataphase erst spannt sich der schlaffe Faden wieder an und wird wieder als solcher wahrnehmbar, anfangs freilich als sehr feine, in ihren zahllosen Windungen sich verlierende gefärbte Linie (Fig. 141; später, unter stetiger Verkürzung und Verdickung, läßt sich der Strang immer besser verfolgen (Fig. 142). Dieses ist das Knäuelstadium, Spirem (Flemming). Ob ein einziger kontinuierlicher Faden oder mehrere Stücke vorhanden sind, läßt sich nicht mit Bestimmtheit aussagen. Wahrscheinlicher ist jedenfalls die letztere Annahme. Wie sich während dieser Veränderungen die Asterfiguren verhalten, ist durch direkte Beobachtung noch nicht ermittelt; durch Analogie kann man aber vermuten, daß das Astrocentrum und möglicherweise auch der Aster bestehen bleiben und durch ihre Teilung die Kinese einleiten. Eine bestimmte Anordnung des Chromatinfadens gegen die eine Kernseite hin läßt sich erst dann erkennen, wenn der Faden schon beträchtlich verkürzt in das Knäuelstadium getreten ist. Man sieht alsdann, daß die Fäden annähernd gerade und parallel am Umfange des Kernes wie Meridiane gestellt sind, an dem einen Pole abgeschnitten endigen, am anderen Pole aber je zu zweien ineinander übergehen (Heuser). Es sind also zu dieser Zeit die Schleifen schon präformiert und kehren alle den Schleifenwinkel dem einen Pole zu, welcher durch eine seichte Delle gekennzeichnet ist (Fig. 143).

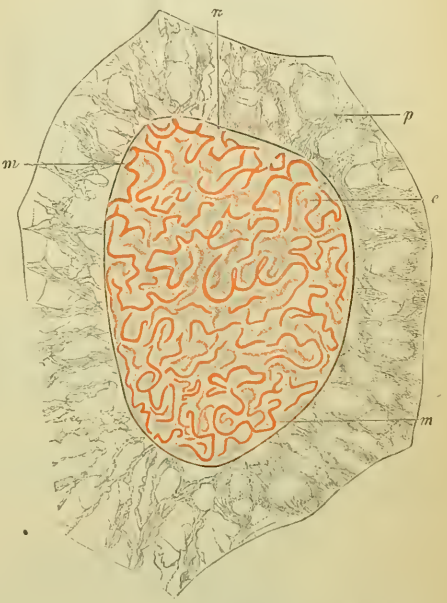


Fig. 142. Wie Fig. 141, vorgerückteres Stadium der Katakinese. Originalfigur.

Fig. 143. Kern von Salamandra mit den Schleifenwinkeln, alle nach einem ideellen Punkte gerichtet — während der Pause — nach Flemming.

Die Prophase umfaßt die noch nicht ins Detail verfolgten Vorgänge, durch welche die Chromomeren aus der einseitigen in die symmetrische Anordnung übergehen, nachdem die aus der Teilung hervorgegangenen Astrocentren und

Asteren die entgegengesetzten Pole erreicht haben. Nach vielfachen Bewegungen, welche wohl nur desswegen unregelmäßig erscheinen, weil wir dieselben nicht recht verstehen, kehren die Schleifen alle ihren Winkel nach einwärts, ihre freien Enden nach außen. Letztere gehen etwas auseinander und bilden im Großen und Ganzen die Figur zweier Hohlkugelsegmente, welche in der Mitte ihrer konvexen Seite miteinander vereinigt sind; es ist dieses die sogen. Dornenkrone oder das Sertum Fig. 144. Die sertile Anordnung kommt, wie wir aus anderen Objekten wissen, dadurch zustande, daß die Kernradien, welche später die sogen. Spindel zusammensetzen, sich an beiden Seiten einer jeden Schleife ansetzen und dieselbe hin und her ziehen, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist und alle Schleifen in gleicher Entfernung von beiden

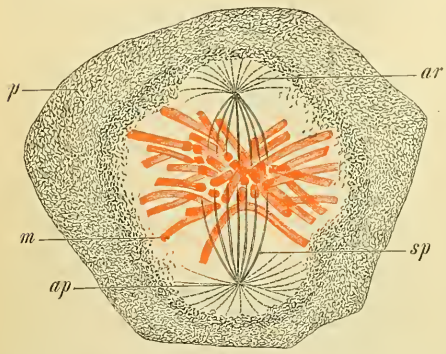


Fig. 144. Endothelzelle des Bauchfells der Salamanderlarve in der Prophase. Die chromatischen Schleifen bilden die Dornenkrone (Sertum) am Mittelteile der Amphiasterfigur. *ar* Asterradien, *ap* Astrocentrum, *sp* Kernfasern, *m* Chromatinschleifen, nach Flemming.

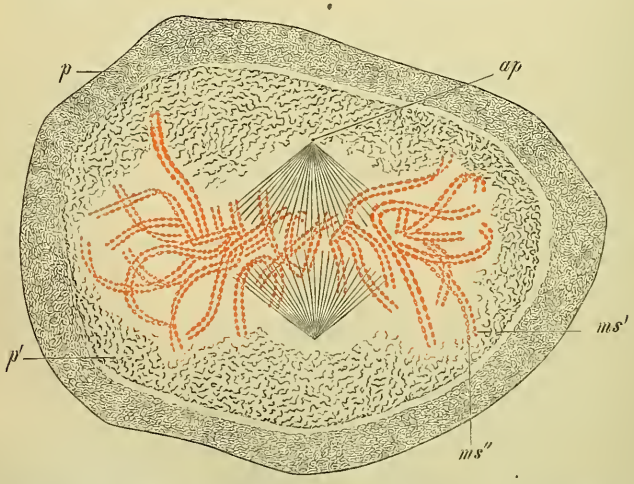


Fig. 145. Epithelzelle aus dem parietalen Bauchfell von Salamandra, Chromessigsäure-Hämoxylin-Glycerinpräparat, Anfang der Metakinese, Spaltung der fadenförmigen Chromomeren in je zwei Fäden (*ms'* und *ms''*), nach Flemming.

Astrocentren angelangt sind. In gewissen Fällen wird eine sonst viel später eintretende Erscheinung bereits in der Prokinese eingeleitet, nämlich die

Längsspaltung der Chromatinschleifen (Fig. 145). Die chromatische Substanz sammelt sich zu zwei rosenkranzförmigen Körnchenreihen an, welche offenbar nicht frei liegen, sondern an farblose Fäden (Plastin oder Linin?) gebunden sind. Was die Unvollständigkeit der Asteren betrifft, so rührt dieselbe bloß von den angewandten Reagentien her, welche den Asterradien einen welligen Verlauf geben, sodaß man sie leicht mit den gewöhnlichen Sarkodefäden verwechseln kann. Mit Pikrinsäurepräparaten könnte man leicht die Flemming'sche Figur korrigieren, die wir aus Pietät unverändert anführen. Die Sonderung, welche sich am Zellkörper bemerkbar macht, in eine dichtere peripherische Lage und eine mehr schwammige innere Substanz, worin die ganze kinetische Figur liegt, ist eine in den mittleren Phasen der Kinese bei Gewebszellen überhaupt sehr verbreitete Erscheinung.

Die Strophe bietet an Amphibienzellen kein so typisches Aussehen wie an den meisten anderen Objekten, weil die Schlingen niemals recht

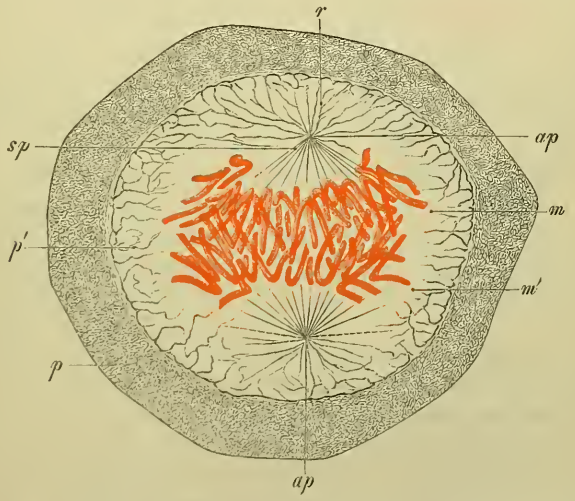


Fig. 146. Epithelzelle aus dem Bauchfell des Salamanders; Metakinese, Doppelkrone, *r* Asterradien, *sp* Kernradien, *ap* Asteren, nach Flemming.

genau in der Äquatorialebene liegen; eine richtige Rosette kommt hier nicht zustande, und es geht die sertile Anordnung fast unvermittelt in die Doppelkrone über.

Die Metaphase beginnt mit der Trennung der Tochterschleifen und zwar befolgt dieselbe den von v. Beneden am Ascariseie entdeckten Weg. Die Tochterschleifen werden zuerst am Schleifenwinkel auseinander gezogen und hierauf setzt sich die Trennung allmählich den Schleifenschenkeln entlang fort bis zu deren freien Enden. Ist dieser Vorgang vollendet, so

bilden die Tochterschleifen zwei Kronen, deren Zinken ineinandergreifen *(bicorona)*. Beim Auseinanderweichen nehmen die beiden Gruppen der Tochterschleifen ungefähr die Gestalt von Quasten an. Von irgend einer Ähnlichkeit mit Sternen kann hier keine Rede sein, und es erscheint daher der von gewisser Seite (Flemming) vorgeschlagene Name Dyaster ganz unbegreiflich. Über eine, von der hier geschilderten abweichende, sogen. heterotypische Form der Spaltung der Chromatinfäden ist weiter unten das Nötige angeführt.

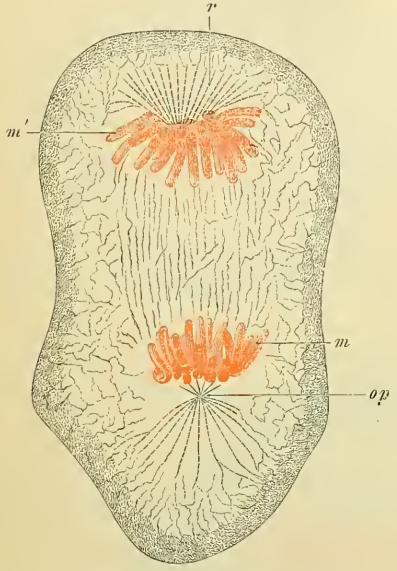


Fig. 147. Epithelzelle aus dem Bauchfell des Salamanders; Ende der Metakinese, Quastenform, Chromessig-Hämoxylin-Präparat, nach Flemming.

Die Anaphase soll nach einigen Forschern (Retzius, Flemming) in umgekehrter Reihenfolge die gleichen Stadien durchlaufen wie die Kataphase. Es läßt sich in der That in den neu entstehenden Kernen, auch wenn diese beim ersten Anblick klumpig erscheinen, bei Anwendung geeigneter Reagentien und Vergrößerungen längere Zeit hindurch ein Fadenknäuel unterscheiden. Von einer Wiederholung der auf Fig. 141 und 142 gezeichneten mäandrischen Disposition eines immer feiner werdenden Fadens kann aber auch bei den Gewebszellen der Amphibien keine Rede sein. Man sieht vielmehr die noch starken Fäden ein verworrenes Aussehen annehmen und alsdann direkt in die schwammige Textur der ruhenden Kernsubstanz übergehen. Der oben dargelegte Gang im Aufbau der Tochterkerne bei den Eiern der Echiniden und Ascariden steht übrigens nicht ohne Anknüpfungspunkte an gleiche Vorgänge bei den Amphibien da. Bei der Eiteilung des Axolotl sieht man, wie die Tochterschleifen an ihrem asterwärts gerichteten Ende zu Kügelchen aufquellen (ähnlich den Karyomeren der Echiniden), und wie diese nach und nach je eine Schleife in sich aufnehmen, indem deren chromatische Substanz auf ihre Oberfläche sich verteilt (Bellonci 1884). Schließlich vereinigen sich die Bläschen zu einem Kerne mit chromatischem Fächerwerke. Ob etwas ähnliches an den Gewebskernen geschieht, läßt sich weder behaupten noch verneinen; es müßte der Vorgang in ein Stadium verlegt sein, wo man ihn aus praktischen Gründen im feinfädigen Knäuel unmöglich verfolgen kann.

Es seien hier zum Schlusse die geschilderten Vorgänge durch die

von Flemming gegebenen schematischen Figuren der gewöhnlichen Kinese bei den Gewebszellen von Salamandra erläutert.

Die heterotypische Kinese ist eine von der vorigen nur wenig abweichende Teilungsart, welche man zu bestimmten Zeiten in den Samenzellen des Salamandrahodens antrifft (Flemming). Der gewöhnliche Teilungsmodus stimmt bis auf die reduzierte Länge und die Zahl der Schleifen, welche hier um die Hälfte geringer ist, mit dem oben für die Gewebskerne beschriebenen überein. Bei der heterotypischen Form findet dagegen schon im Knäuelstadium nicht bloß die Spaltung, sondern

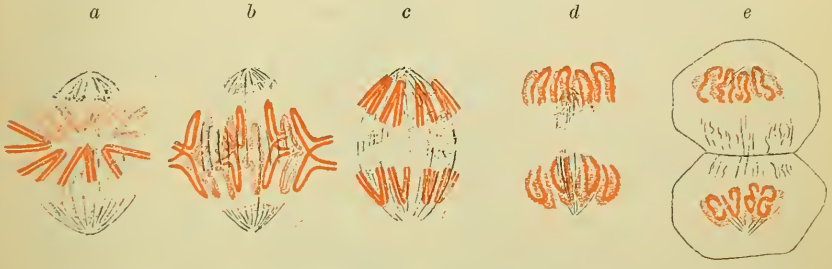


Fig. 148. Schematische Darstellung der homöotypischen Zellteilung im Hoden von Salamandra, *a* Strophe, *b* Bicorona, *c d* Quastenform, *e* Ende der Metakinese, nach Flemming.

auch die Trennung der Tochterfäden statt; es bleiben jedoch die Tochterschlingen durch ihre Enden miteinander verbunden und zeigen öfters an der Verbindungsstelle kleine kugelförmige Anschwellungen (Fig. 149 *b* und *c*). Die Strophe scheint nicht ausgeprägt, sondern es geht die sertile Anordnung direkt in die Doppelkrone über. Nach vollständiger

Fig. 149. Schematische Darstellung der heterotypischen Zellteilung im Hoden von Salamandra, *a* Prokinese, *b* Strophe, *c d* Doppelkrone und Quastenform, *e* Ende der Metaphase, nach Flemming.

Trennung der Tochterchromomeren zeigen letztere schon eine Längsspaltung (in jenem Stadium, welches Flemming Dyaster nennt, *ut lucus ab non lucendo*, weil es mit Asteren eben nicht die geringste Ähnlichkeit besitzt). Diese Spaltung soll nun eine blos vorübergehende Erscheinung und die Spalthälften in den Tochterknäueln wieder untereinander

verschmolzen sein. Eine Längsspaltung der Tochterschleifen ist aber durchaus nicht eine auf die Hodenzellen beschränkte Erscheinung, da wir ein Gleiches in den Gewebszellen von Salamandra hin und wieder beobachten konnten. In diesem Falle ist aber die Längsspaltung keine temporäre (Fig. 150), denn es zeigten sich die Tochterschleifen, obgleich sie sich paarweise durch Länge und Gestalt genau entsprechen, so weit voneinander entfernt, daß an eine Wiedervereinigung nicht zu denken ist. (Die Zahl der Schleifenpaare ist im Holzschnitt nicht gut wiedergegeben; es beträgt dieselbe 12 Paare an jeder Krone, also im Ganzen 24. Die Zahl stimmt somit mit der regelrechten überein, mit dem Unterschiede jedoch, daß diese Zahl erst durch eine späte Spaltung erreicht wird.) Daß es sich um die Metaphase und nicht etwa um die Kataphase einer bevorstehenden Teilung handelt, beweist die Gestalt der Doppelkrone und der Umstand, daß beide in einer einzigen, noch nicht geteilten Zelle liegen.

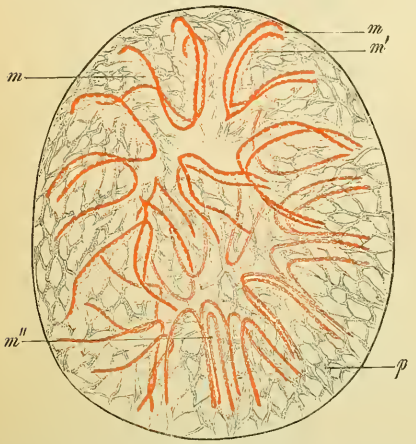


Fig. 150. Zelle aus der Harnblasenwand von Salamandra; Chromessig-Osmium-Hämoxylin-Präparat, späte Spaltung der Chromomeren gegen das Ende der Metaphase (Quastenstadium). Originalfigur.

Die amitotische oder chromosomatische Kinese wird dadurch charakterisiert, daß die Chromomeren während der Dierese niemals in Fäden ausgezogen erscheinen, sondern eine kurzgedrungene, kubische oder kugelige Gestalt zeigen. Diese Form der kinetischen Teilung ist ziemlich weit verbreitet im Tierreiche:

1. Bei den Samenbildungszellen vieler Arthropoden (*Locusta*, *Clubiona*, *Squilla*, *Scolopendra*, Carnoy, Platner).

2. Bei der Polzellenbildung von *Ascaris megalocephala*, der Meduse *Tiara* und der Echinodermen (v. Beneden, Boveri, Fol).

3. Bei vorläufig als abnorm betrachteten Dieresen an den Spermazellen von Salamandra (Flemming), an den polyspermen Eiern der Echiniden (Fol 1883, Hertwig 1887).

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß ähnliche Vorgänge noch als viel weiter verbreitet erkannt werden, wenn man nur einmal von der Überzeugung (Flemming) zurückgekommen sein wird, daß das ganze Tierreich die Kernteilung bei *Salamandra* zum Muster genommen hat.

Bei den Spermamutterzellen der Arthropoden sind bei der Strophe die Chromomeren so gedrungen gestaltet, daß ihnen der Name Chromosomen mit Fug und Recht zukommt. Sie sind in der Regel an der Peripherie gelagert und bilden eine schöne Krone (Fig. 151, es ist dies die

von Flemming Monaster genannte Figur! , welche als Muster der Kronenform der Kernplatte dienen kann. Als Dornenkrone, Sertum, deute ich die Fig. 151 *a*, welche also dem Endstadium der Prokinese angehören würde. Der Anfang der Metakinese im Arthropodenhoden bietet in der Regel ein sehr eigentümliches Bild. Es verlängert sich nämlich ein jedes Chromosom in der Richtung der Spindelfasern, alsdann zeigt sich ein heller Fleck in der Mitte, während die chromatische Substanz an den Seiten-

Fig. 151. Die Zellteilung in den Hodenzellen von *Forficula*. *a* Prokinese, *b* und *c* Anfang der Metakinese, Doppelkrone, nach Carnoy.

rändern und namentlich an den Extremitäten sich ansammelt. In der Flächenansicht erinnert die chromatische Figur an zwei gegenüberstehende Hufeisen (Fig. 151 *b* und 152); in der Profilansicht aber sieht man, daß ein jedes solches Körperchen c-förmig gebogen ist und zwar so, daß die konkave Seite nach außen sieht (Fig. 152 am Rande). Durch diesen Umstand wird die Vermutung ausgeschlossen, es könne sich um einen

Fig. 152. Die Teilung einer Hodenzelle von *Forficula*, Anfang der Metakinese, Doppelkrone, nach Carnoy.

Fig. 153. Die Teilung einer Hodenzelle von *Ascaris megalocephala*, Doppelkrone mit den kompakten Chromomeren, nach O. Hertwig.

ähnlichen Spaltungsvorgang handeln wie bei *Ascaris* oder *Salamandra*, denn es müßte alsdann die Konkavität der Krümmung nach einwärts gekehrt sein. Es giebt eben in diesem Falle keine Längsspaltung, sondern eine randständige und quere Spaltung. Die auseinander rückenden Tochterchromomeren sind entschieden hufeisenförmig gestaltet. — Eine quere Spaltung zeigen ebenfalls die Chromosomen an den Samenzellen von *Ascaris megalocephala*, Fig. 153 (v. Beneden, Hertwig).

Was die Polzellenbildung betrifft, so kommen ebenfalls Fälle vor, wo wir es mit einer rein queren Teilung der Chromosomen zu thun haben. Hiermit soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß die Teilungsrichtung eine andere sei, wie in den Fällen der Längsspaltung, denn es beziehen sich ja die Worte Längs- und Querspaltung nur auf die Gestalt der Chromomeren, nicht aber auf die Lagerung der Teilungsebene gegenüber der Amphiasterfigur; letztere bleibt in allen Fällen die gleiche.

Excentrisch gelagerte oder aus der Zelle ragende Amphiasteren sind bei der Polzellenbildung und an den Samenzellen der Lepidopteren (Platner) beobachtet worden. Solche Fälle muß man unbedingt berücksichtigen, wenn man zum Verständnis der bei der Amphiasterbildung zur Geltung kommenden Kräfte gelangen will.

Die Polzellen sind kleine, durch regelrechte Kinese von der Eizelle bei deren Reifung abgetrennte Elemente. Über deren Bedeutung für die Befruchtung und die Ausbildung der Geschlechtszellen wird in den nächsten Kapiteln das Nötige vorgebracht werden. Hier soll nur von den Eigentümlichkeiten der sich dabei abspielenden kinetischen Vorgänge die Rede sein. Das reifende Ei unterliegt zwei successiven Teilungen, aus denen jedesmal eine Polzelle und ein um die Hälfte seiner chromatischen Kernsubstanz beraubtes Ei hervorgehen. Die Tochterzellen bei diesen Teilungen enthalten jede genau die Hälfte der chromatischen Substanz, welche vor der Teilung bestand, zeigen aber in ihren Dimensionen ganz kolossale Unterschiede, indem die Polzelle weniger als dem tausendsten Teile der Eizelle gleichkommen kann. Der erste Polzellenamphiaster entsteht seitlich vom Keimbläschen, und es wurde an diesem Objekte zum ersten Male (*Pterotrachea*, Fol 1877) die Thatsache wahrgenommen, daß die Asteren nicht an den Kernpolen entstehen, sondern von der Seite heranrücken. Anstatt nun in der Mitte der Eizelle eine symmetrische Lagerung zu nehmen, rückt dieser erste polare Amphiaster gegen die Oberfläche und war so, daß seine Achse senkrecht auf die äußere Fläche zu stehen kommt. Das Eigentümliche besteht darin, daß dieser Amphiaster gewissermaßen nach außen gedrückt wird. Der äußere Aster wird gegen die Oberfläche gepreßt und es scheint, als ob die äußere Hälfte desselben abgeschnitten oder beiseite gedrückt wäre (Fig. 154). Die Oberfläche wird buckelförmig vorgetrieben, indem ihr die Astrosphäre innen anliegt, später sogar das Astrocentrum bis dicht

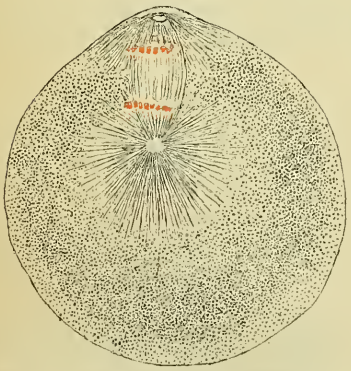


Fig. 154. Die erste Polarzellenteilung des *Limax*-Eies. Polaramphiaster in der Metakinese mit kurzen Chromomeren, nach L. Mark.

an die Grenzschicht der Polarzelle rückt. Daß die feinen steifen Pseudopodien, welche von der Außenseite des im Entstehen begriffenen Polkörperchens zu dieser Zeit hervorragen (Flemming, *Anodonta*), den fehlenden Asterradien entsprechen, erscheint, auch nach anderen Erfahrungen zu urteilen (Platner), recht plausibel. Die Teilung erfolgt alsdann nach den allgemeinen Regeln der Kinese, nur daß die Polzelle fast einzig aus Kernsubstanz besteht: vom Zellenplasma geht nur der auf einen Bruchteil seines ursprünglichen Umfanges reducierte äußere Aster mit hinein. Der zweite polare Amphiaster entsteht durch successive Teilung des Astrocentrums, der Astrosphäre und der Radien des inneren Asters von der vorigen Teilung. Der anfangs schief liegende zweite polare Amphiaster stellt sich nachträglich senkrecht zur Oberfläche und zeigt wesentlich die gleichen Erscheinungen wie der erste.

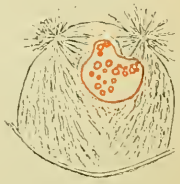


Fig. 155.

Bei den epithelartigen Zellen der Wandung des Schmetterlinghodens kommen ebenfalls hin und wieder Amphiasteren vor, welche teilweise aus der Zelle hervorragen (Platner). Die kinetische Figur liegt in dem nach innen gekehrten dünneren Ende der Zelle und der inneren Fläche parallel. In dieser Lage findet zuweilen die Figur keinen genügenden Raum zu ihrer völligen Entfaltung. Es zeigen sich alsdann die an den Zellenrand stoßenden Asteren durch pseudopodienartige Fortsätze vervollständigt, welche außerhalb der Zelle vorragen (Fig. 155). Die Teilung ist in diesem Falle eine äquale, die Tochterzellen also je mit der Hälfte des Kernes und des Körpers der ursprünglichen Zelle begabt. Wir kommen weiter unten auf die Bedeutung dieser Beobachtungen für die Physiologie der kinetischen Vorgänge zurück.

Fig. 156. Ei von *Limax* nach der Befruchtung mit ausgetretener Polarzelle und den beiden Vorkernen. Der zweite polare Amphiaster hat spiralig gewundene Radien, nach Mark.

Gewundene Asterradien werden erstens während der Anakinese in den Teilungen der Eier beobachtet (Fig. 126), indem die Astrocentren und Astrosphären über die Mitte der Tochterzelle hinausrücken; während der periphere Teil der Asterradien und namentlich die Strahlungen zurückbleiben, entsteht eine an einen überhängenden Fliederbusch oder an einen vielstrahligen Springbrunnen erinnerndes Bild, welches so lange besteht, bis die Strahlungen verwischt und die Radien verkürzt werden.

Bei der Polzellenbildung von *Limax* ist eine spiralige Windung der Radien und Strahlen des inneren Asters beschrieben worden (Mark),

welche wahrscheinlich durch eine Drehung des mittleren Teiles der kinetischen Figur um die eigene Achse verursacht wird (Fig. 156). Es liefern solche Fälle den Beweis, daß die Asterradien nur zur Zeit ihrer Entstehung richtenden Kräften folgen, später aber keine Tendenz haben, die geraden Linien wieder herzustellen, wenn dieselben durch irgend einen Umstand gebogen worden sind, bis eine neue Kinese auf dieselben einwirkt.

Die räumlich unterscheidbaren Teile der kinetischen Figuren wollen wir nun der Reihe nach durchnehmen, jeden einzelnen Teil bei den verschiedenen Objekten verfolgen, um das Wesentliche kennen zu lernen und aus den Variationen Schlüsse über die physiologischen Ursachen zu ziehen. Wir betrachten zuerst die bewegenden oder in der Bewegung vorausgehenden Teile, um alsdann die mehr passiv nachgezogenen durchzunehmen. Dabei brauchen wir uns nicht in den Streit einzulassen, welches der wichtigere Teil sei, die Lokomotive oder die Wagen, da offenbar beide notwendig sind, um einen Zug zu bilden.

Die kinetischen Centren oder Centrosomen, und zwar speziell die Astrocentren, da wir es vorläufig nur mit den in der Zellteilung thätigen Centren zu thun haben, sind äußerst kleine Körperchen, deren Dimensionen fast die Grenze des mit unseren stärksten Vergrößerungen Sichtbaren erreichen. Von ihrer chemischen Natur wissen wir nur, was man aus ihrem Verhalten zu den üblichen Fixierungs- und Färbungsmitteln erraten kann, daß sie nämlich in den Chrom-, Pikrin- und Osmiumsäuren gerinnen, die meisten Kernfärbungsmittel schwach, das Methylgrün etwas bestimmter, zuweilen sogar recht intensiv aufnehmen. Ihre Gestalt während der Prokinese und der Strophe ist entweder rundlich oder konisch und zwar so, daß die breite Basis der Teilungsebene zugewendet ist. In der Metaphase findet man sie dagegen in einer Richtung verlängert, welche zu der Achse der vorliegenden Teilung senkrecht liegt und für die nächste Teilung schon bestimmend ist. Die Anaphase hat je nach den verschiedenen Objekten entweder hantelförmige (Nematoden) oder mehr stabförmige (Echiniden) Astrocentren aufzuweisen, welche im letzten Falle auch rosenkranzartige Verdickungen bieten können. Schließlich zerfällt jedes Centrum in zwei, eine Trennung, die gegen das Ende der Anaphase wohl stets vollendet sein dürfte. Die Astrocentren erscheinen somit nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft als primum movens der Zellteilung.

Die Centrosomen sind wohl zum erstenmale im Eie der Geryoniden gesehen worden (Fol 1873); hierauf bildeten verschiedene Forscher dieselben ab, deuteten sie aber als Kernpole (Bütschli, O. Hertwig u. a.). Erst v. Beneden, Boveri, Guignard u. a. gelang es den Nachweis zu liefern, daß diese Körperchen eine von den übrigen Zellteilen unabhängige Existenz führen und voneinander abstammen. Abweichend faßt Vejdovský die Centren auf, indem er aus den Centrosomen einer Teilung die Asteren der nächsten Teilung hervorgehen, somit jedesmal neue Centren entstehen ließ, eine jedenfalls unbegründete Theorie.

Das Astrocöl ist eine die Mitte eines jeden Asters einnehmende

Höhle, welche nur mit einer durchsichtigen farblosen Substanz erfüllt ist. Den Mittelpunkt dieses Raumes nimmt das Astrocentrum ein, welches daselbst in bestimmter Lage schwebt. Außer dem Centrum sieht man öfters kleine unregelmäßige Gerinnsel oder auch spärliche feine Fäden den Raum durchziehen. Daß aber diese inkonstanten Gebilde genügen sollten, um das Centrum in seiner Lage zu fixieren, ist unwahrscheinlich; eher möchte man vermuten, daß die Höhle nicht mit Flüssigkeit, sondern mit einer hyalinen gallertigen Substanz angefüllt sei. Zu Anfang der Kataphase ist das Astrocöl kaum halb so groß wie später; zu dieser Zeit wird der Raum von einer etwas dichteren homogenen Substanz eingenommen, die man mit Heidenhain's Hämoxylin färben kann, und die wir **Astrosphäre** nennen wollen. Es dürfte möglicherweise der gallertige Inhalt des Astrocöls durch Quellung der Astrosphäre entstehen. Gegen Ende einer Zellteilung verschwindet das Astrocöl dadurch, daß die Karyomeren in dasselbe eindringen und den neuen Kern in der Höhle aufbauen, welche damit nahezu ausgefüllt wird. Die neuen Astrocölhöhlen müssen also größtenteils neu entstehen und zwar, wie gesagt, durch Aufquellen der Astrosphären. Daß letztere aus dem verdichteten Inhalt des früheren Astrocöls bestehen, ist möglich, aber jedenfalls unbewiesen.

Die Asteren sind gut unterscheidbare Gebilde von nahezu kugeliger Gestalt. Ihre Sarkode ist dem übrigen Zelleninhalte gegenüber durch den Mangel an Körnchen und sonstigen Einlagerungen gekennzeichnet, und namentlich auch durch eine stark ausgeprägte radiäre Struktur. Die Radien erscheinen bei geeigneter Behandlung als lange Stäbchen von ziemlich gleichmäßiger Dicke. Nach innen brechen alle scharf ab und bilden auf diese Weise die Wandung des Astrocöls. An dieser inneren Extremität stehen alle Radien dicht aneinander gedrängt; da sie sich nach außen zu weder vermehren noch verdicken, so müssen sie notwendig auseinandergehen und spitzwinkelige Räume freilassen, welche mit der körnigen Zellensubstanz angefüllt sind. Bei den Echiniden bleiben nach außen die Radien zu 3 oder 4 gruppenweise vereinigt; um so breiter sind dann die zwischen den Gruppen restierenden Räume. Die äußere Umgrenzung eines Asters zeigt deshalb ein zerfasertes Aussehen; verbindet man aber die äußeren Extremitäten der

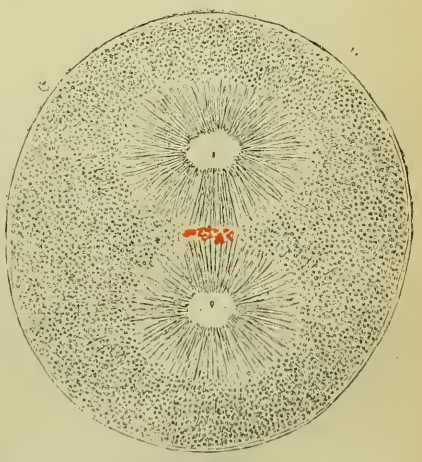


Fig. 157. Ei vom Seeigel, erste Teilung, Strophe, die Aster- und Kernradien und die Astrocölhöhlen zeigend. Originalfigur.

Radien durch eine ideelle Linie, so stellt diese einen ziemlich regelmäßigen Kreis dar. Die Radien brechen das Licht viel stärker wie ihre Umgebung und erscheinen deßhalb in Wasser oder in Glycerinpräparaten äußerst scharf gezeichnet; in Balsam verschwinden dagegen ihre Konturen. In wässerigen Medien sehen sie wie gut fixierte, in einer Flüssigkeit ausgestreckte Pseudopodien einer Heliozoe aus.

Die Asteren erscheinen während der verschiedenen Phasen der Teilung von Eiern abwechselnd größer (Strophe) und kleiner (Pause), ohne jemals zu verschwinden; sie stammen also direkt voneinander ab, und es findet hier, abgesehen von der Befruchtung, die wir in einem anderen Kapitel besprechen, keine Neubildung derselben statt. In den Gewebszellen dürften die Asteren während der Ruheperioden ganz unscheinbar werden oder möglicherweise, bis auf das persistierende Centrum, ganz verschwinden. Möglich ist es auch, daß sie im kondensierten Zustande als sogen. »Attraktionssphären«, »Periplasten« oder »Archoplasmakugeln« bestehen bleiben. Die meisten bisher beschriebenen »Attraktionssphären« sind aber ganz einfach gewöhnliche Asteren, deren radiäre Struktur durch ungeeignete Reagentienbehandlung verwischt wurde.

Es lag nahe, die Asterstruktur mit der Pseudopodienbildung zu vergleichen und mit protoplasmatischen Strömungen in Zusammenhang bringen zu wollen. Sorgfältige, am lebenden Objekte mittelst stärkster Vergrößerungen angestellte Beobachtungen (Fol 1883) haben jedoch gelehrt, daß in den Asterradien gegenüber dem anliegenden körnigen Zelleninhalte äußerst langsame und geringfügige Bewegungen stattfinden, welche an das Verhalten einer ruhig ausgestreckten Heliozoe, nicht aber an eine thätige Polythalamie erinnern.

Es muß einem mit der Litteratur des Gegenstandes Bewanderten sehr auffallen, daß diejenigen Forscher, welche ihre »Attraktivsphären«, »Archoplasmakugeln« und »Periplasten« beschrieben, es unterlassen haben, das Verhältnis zwischen diesen vermeintlich neuen Dingen und den längst bekannten und benannten Asteren aufzuklären. Noch mehr muß es einen Wunder nehmen, wie diese neuen Benennungen in Lehrbüchern und Spezialarbeiten, ohne jede Kritik, als ob sie wirklich neuen Dingen entsprächen, aufgenommen wurden.

Es sei hier ferner daran erinnert, daß man schon längst in den sich furchenden Eiern einen Bildungsdotter (Sarkode) und einen Nahrungsdotter (Lecith) unterschieden hat. Es kann nun zuweilen vorkommen, daß der ganze Bildungsdotter in den Asteren aufgenommen wird (Echiniden); in anderen Fällen (Heteropoden, Ascidien) bildet der protoplasmatische Anteil des Eies kugelförmige Gebilde, welche nur zum Teil von den Asteren eingenommen sind. Diese Verhältnisse darf man bei der Beurteilung des sogenannten Archoplasmas oder der sogenannten Attraktionssphären nicht außer Acht lassen.

Die Strahlungen müssen wir von den Radien wohl unterscheiden, trotzdem der Unterschied bisher fast allen Autoren entgangen ist. Es handelt sich um jene am lebenden Objekte sichtbaren Linien, welche außerhalb der Asteren und gewissermaßen als Fortsetzung derselben bestehen, und in die körnige Zellensubstanz, vielfach bis an die Oberfläche der Zelle reichen. Am lebenden Seeigeleie sind die Strahlungen

nur durch die reihenförmige Anordnung der Körnchen wahrnehmbar, während die Faserung an den Asteren an und für sich ein mikroskopisches Bild giebt. Am fixierten Objekte springt der Unterschied sofort in das Auge: die Asterradien erscheinen als gerade Stäbchen, die Strahlungen dagegen als hellgraue feinkörnige Sarkodezüge, welche zwischen den Lecithkugeln ihren Verlauf nehmen. Da die im Leben bestehende Spannung nachgelassen hat, so zeigen die Sarkodezüge auf konservierten Objekten einen welligen Verlauf, während die Radien ihren steifen Habitus beibehalten.

Trotzdem nun diese zwei Liniensysteme im ausgebildeten Amphiaster leicht unterscheidbar sind, so giebt es doch zwischen der Anaphase und der Kataphase eine Zeit, wo die Sonderung keineswegs scharf erscheint. Ja es ist sogar wahrscheinlich, daß z. B. während der Befruchtungsvorgänge eigentliche Asteren sich nur allmählich aus Strahlungssystemen hervorbilden, wobei freilich nur der innere Teil der Strahlung zum Aster sich umwandelt.

Die Kernradien sind diejenigen Asterradien, welche sich innerhalb des Kernes oder des vom Kern früher eingenommenen Raumes erstrecken, an die Karyomeren sich ansetzen oder zwischen denselben hindurchgehen. Ihre Gesammtheit, mit den beiden kinetischen Centren zusammengenommen, bildet die sogen. »Spindel« oder »Kernspindel« früherer Autoren. Von den übrigen Asterradien unterscheidet sich die Kernradiengruppe durch größere Stärke und dichtere Aneinanderlagerung, welche dieselben in optischer Beziehung zu einer sehr prägnanten Erscheinung werden läßt. Ihre Genese lehrt aber, daß wir kein morphologisches Organ, sondern ein Zusammentreten verschiedenartiger Teile vor uns haben. Es können nämlich die Kernradien ausschließlich im Innern des Kernes auf Kosten von gewissen Kernbestandteilen entstehen (Infusorien, Bütschli; Hodenzellen von *Crangon*, Carnoy), oder sie können aus dem Zellenplasma sich differenzieren und von außen in den Kern treten (Ascarisei, Boveri; Lepidopterenhoden, Platner), oder aber, die Kernradien haben einen doppelten Ursprung und bestehen aus Asterradien, an denen gewisse Kernteile sich anreihen (Echinideneier, Fol und wahrscheinlich die Mehrzahl der Zellen überhaupt).

Als besonders beweisend für die Entstehung von Kernradien aus gewöhnlichen Asterradien muß man diejenigen Fälle anführen (Lepidopteren, Plate, Echinidenei, Fol), wo die Membran des Kernes während der Kata- und Prokinese den Asteren gegenüber eine tiefe Einbuchtung darbietet, in welcher eine Anzahl dicht gedrängter, kurzer Asterradien Platz findet. Hierdurch wird nicht ausgeschlossen, daß, nachdem die eingebuchtete Stelle der Membran resorbiert wurde und die Radien sich gegen die Chromomeren verlängerten, nicht auch Kernteile an diese Radien sich ansetzen und zu deren Wachstum beitragen. Ein anderes sehr beweiskräftiges Beispiel bietet das Ascarisei, wo Boveri abnorme Fälle mit zerstreut liegenden Chromomeren antraf, welche von entgegen-

gestreckten Asterradien aufgesucht und erfaßt werden. Es kann hier von einer Beteiligung des Kernes an der Kernradienbildung nicht wohl die Rede sein, denn es ist ja die Kernhülle verschwunden und die Schleifen liegen frei, ehe die Asteren mit ihnen in Verbindung treten. Besonders lehrreich sind diejenigen Fälle (Fig. 158), wo infolge irgend einer Störung die eine oder andere Schleife seitwärts verlegt ist und von den Radien des einen Asters viel früher als von denen des anderen Asters erreicht werden. Zu diesem Zwecke wird die am nächsten liegende Asterradie benutzt, zum Beweise, daß die Kernradien nicht von vorne herein zu ihrer Verrichtung prädisponiert, sondern gewöhnliche Radien sind, welche infolge der Verrichtung eine besondere Stärke erhalten. Es üben die Chromomeren einen Einfluß nicht nur auf den Durchmesser der Radien, sondern auch auf deren Länge aus, wie man aus den Fällen ersieht (Fig. 158), wo eine weit seitwärts liegende Chromomere von einer sich bis dorthin verlängernden Radie ergriffen wird.

Fig. 158. Ei von *Ascaris megalocephala*, Prophase der ersten Teilung, abnorm mit seitlich abliegenden Chromomeren, nach Boveri.

Daß andererseits die Kernradien in anderen Fällen innerhalb des Kernes sich differenzieren, wird durch diejenigen Bilder bewiesen, wo bei intakter Kernmembran die ganze Kernspindel mit Ausnahme der Centrosomen innerhalb der Membran ihre vollkommene Ausbildung erreicht. Solche Präparate zwingen uns zu der Annahme, daß gewisse Zellenbestandteile und zwar speziell eine Portion der zur Asterbildung bestimmten Sarkode dem Kerne einverleibt sein kann. Solche Kerne stellen schon zusammengesetzte Gebilde dar, die man mit den reinen Kernen nicht unbedingt homologisieren kann.

Die Kernradien besitzen eine Kontraktionsfähigkeit, vermöge deren sie die Hälften der aus eigenem Antriebe bereits gespaltenen Karyomeren auseinanderziehen. Ihre Zusammenziehung erfolgt aber sicherlich nicht ruckweise, sondern ganz langsam und allmählich. Der von gewisser Seite (v. Beneden) aufgestellte Vergleich der Asterradien mit Muskelfibrillen ist also nicht zutreffend. Charakteristisch für die Muskelfaser ist nicht eine bloße Kontraktilität, welche aller Sarkode überhaupt zukommt, sondern die plötzliche Zusammenziehung, die man »Zuckung« nennt. Von einer Zuckungskontraktion kann aber bei den Asterradien nicht im entferntesten die Rede sein.

Die Verbindungsfädchen sind dünne Fäden, welche nach vollständiger Trennung der Chromomerenhälften und während deren Auseinanderrückens zwischen denselben ausgespannt bleiben. Diese Fädchengruppe bleibt während der ganzen Metakinese sichtbar. Zur Zeit, wo eine ringförmige Einschnürung die Zelle in zwei zu teilen trachtet, zeigen

sich kleine punktförmige Anschwellungen der Fäden in der Teilungsebene. Bei Pflanzenzellen sind sie stark ausgebildet und leiten die Absonderung einer Scheidewand ein; es ist dieses die sogen. Zellplatte (Strasburger). In den tierischen Zellen scheinen diese Anschwellungen eine mehr untergeordnete Rolle zu spielen, sind aber auch hier vorhanden. Bei gewissen Zellarten, z. B. den Hodenzellen der Schmetterlinge, ziehen sich die Verbindungsfäden nach vollendeter Teilung zu einem runden Körperchen zusammen, welches nicht in der Zellsubstanz zergeht, auch nicht mit dem Kerne verschmilzt, sondern als sogen. Nebenkern bestehen bleibt (Platner).

Herkunft und Beschaffenheit dieser Fädchen haben viel Kopfzerbrechen verursacht und sind immer noch nicht aufgeklärt. Handelt es sich um eine direkte Verbindung zwischen den beiderseitigen Kernradien, so würden sie dem Zellenkörper angehören, und es würde sich die Bildung der Zellenscheidewand inmitten derselben besser erklären. Sind es dagegen die achromatischen Teile der Karyomeren, welche sich anspannen, bis sie schließlich reißen, so würde die Entstehung der Nebenkerne gewisser Zellen leicht zu erklären sein. Es könnte aber auch beides zutreffen, und dieses ist auch die wahrscheinlichste Annahme: daß nämlich die Verbindungsfäden von zweierlei Art sind, 1) zwischen den Karyomeren durchgehende Kernradien und 2) gezerrte achromatische Bestandteile der Karyomeren.

Die Karyomeren sind Kernteile, welche während der Zellteilung (sowie auch der Befruchtung, wie wir später sehen werden) ein individuelles Dasein führen. Eine einzelne durch Zufall abgetrennte Karyomere spielt dem Zellenplasma gegenüber die Rolle eines ganzen Kernes; dieselbe enthält somit alle wesentlichen Kernsubstanzen. Man kann in jeder Karyomere einen chromatischen Bestandteil, welcher die eigentlichen Kernfärbungen aufnimmt und Chromomere heißen mag, und einen achromatischen unterscheiden. An sogen. »mißlungenen Kernfärbungspräparaten«, d. h. an solchen, wo die Färbung nicht die geringstmögliche Ausdehnung aufweist, wo die Entfärbung nicht bis zum äußersten getrieben wurde und die Chromomeren etwas klumpig und massiv erscheinen, kann man wahrnehmen, daß jede Karyomere außer dem Chromatin und dem Achromatin auch noch eine intermediäre Substanz enthält, die wir das Hemichromatin nennen können. Es ist dieses ein Beweis, daß wir es nicht mit zwei scharf geschiedenen Substanzen zu thun haben, deren eine färbbar wäre, die andere nicht, sondern mit einer Stufenleiter in der Färbbarkeit. Ob diese auf chemischen Kombinationen, auf einer Mischung chemisch definierbarer Stoffe oder auf physikalischen Änderungen beruhe, mag vorderhand dahingestellt sein. Als Chromomere bezeichnen wir aber den stark färbbaren, echt chromatischen Teil einer jeden Karyomere.

Die Chromomeren sind zumeist fadenförmig und können sogar bedeutende Länge aufweisen (Gewebszellen von *Salamandra*); sie können

aber auch in Gestalt sehr kurzer Stäbchen (Polzellenteilung des Eies, letzte Teilungen der Samenzellen) auftreten, und sogar kugelige oder kubische Körperchen darstellen (Geschlechtszellen der Arthropoden und *Ascaris*). Ihre Zahl ist stets eine gerade, ein Gesetz, auf welches wir gelegentlich der Befruchtungsvorgänge noch eingehen werden. Für jede Tierspecies scheint die Zahl der Chromomeren bei allen Zellteilungen die gleiche zu bleiben. Es wurde aber dieses Gesetz bisher nur an wenigen Arten geprüft und hier nicht einmal an allen Geweben; wir können somit dasselbe nicht als wissenschaftlich in genügender Weise festgestellt hinstellen. Es ist vielmehr unter den wenigen genauer untersuchten Spezies schon eine bekannt, welche eine Ausnahme bildet. Bei *Ascaris megalocephala* nämlich zeigen einzelne Individuen bei allen kinetischen Teilungen stets zwei, andere dagegen stets vier Chromomeren (Boveri), ohne daß man äußerlich durch irgend ein Merkmal entscheiden könnte, welcher Varietät ein Exemplar angehört.

Die Chromomerenzahl scheint auf die Stellung einer jeden Spezies im zoologischen Systeme keine Beziehung zu nehmen; so wurde die Zahl 24 bei *Salamandra maculata* (Flemming) festgestellt. Bei *Strongylocentrotus lividus* 36 (Fol), bei *Pterotrachea mutica*, *Carinaria mediterranea* und *Phyllirhoë bucephalum* 32 (Boveri), bei *Echinus microtuberculatus* und *Sagitta bipunctata* 18 (Boveri), bei *Filaroïdes mustelarum* 16, bei *Spiroptera strumosa* und *Ophiostomum mucronatum* 12, bei *Coronilla* (sp.?) 8 (Boveri).

Dieser Konstanz in der Zahl gegenüber muß die sehr ungleiche Länge der fadenförmigen Chromomeren auffallen. In der Verteilung langer und kurzer Schleifen in der Kernplatte wurde bisher kein Gesetz aufgefunden, außer daß die längeren Schleifen die Peripherie, die kürzeren die mittleren Teile der Kernplatte einnehmen. Ihre Entstehung aus der schwammigen Kernsubstanz erfolgt auf beiden Wegen, die man auch in umgekehrter Reihenfolge bei den gleichen Objekten während des Aufbaues neuer Kerne beobachtet, nämlich eine allmähliche Verkürzung außerordentlich stark in die Länge gedehnter Fäden, oder eine allmähliche Zusammenziehung bläschenförmiger oder gequollener plumper Stücke, welche das Chromatin an der Oberfläche verteilt aufweisen.

Es zeigt die chromatische Substanz zeitweise und bei gewissen Objekten eine Tendenz, sich zu Kügelchen zusammenzuballen, welche den Fädchen ein rosenkranzartiges Aussehen verleihen. Über das Wesen dieser Erscheinung, welcher von gewisser Seite (Pfitzner) eine große Wichtigkeit zugeschrieben wurde, sind wir nicht unterrichtet.

Die Rolle der chromatischen Teile während der Kinese ist nur insofern aufgeklärt, als manche kinetische Vorgänge den Zweck zu haben scheinen, diese Teile möglichst genau zu halbieren und die Hälften gleichmäßig auf die Tochterkerne zu verteilen. Welche tiefere physiologische Bedeutung ihnen zukommen mag, ob sie besondere Träger der erbschaftlichen Eigenschaften sind (Weismann) wissen wir nicht. Uns ist nur

die für optische Forschungsmethoden wichtige Färbbarkeit der chromatischen Teile durch alaun- oder säurehaltige Farbstoffe bekannt. Allein gerade diese Eigenschaft bleibt an einem und demselben Teile während der verschiedenen Phasen der Kinese durchaus nicht gleich. Es ist ja bekannt, daß man Zellteilungen in den Geweben dadurch leicht ausfindig machen kann, daß man solche Fixierungsmittel wählt (saure Mischungen mit starkem Prozentsatz von Osmiumsäure, Flemming), welche die Tinktionsfähigkeit des Gewebes herabsetzen; die Kernfärbung erfolgt alsdann nur am Chromatin der kinetischen Figuren. Es giebt Zustände des Kernes, wo auch unter den günstigsten Bedingungen keine eigentliche Kernfärbung eintritt, und doch ist dieselbe wieder da, sowie der gleiche Kern einige Minuten später in den kinetischen Zustand tritt. Eine gewissermaßen kompensatorische Färbung der Kernumgebung (v. Benedex) fehlt in den meisten Fällen, und kann somit von einer Verteilung des Chromatins im gelösten Zustande (v. Beneden) nicht die Rede sein. Es bleibt schließlich nichts übrig, als anzunehmen, daß die chromophile Eigenschaft von gewissen unbeständigen chemischen und physikalischen Zuständen abhängt. Wenn dem so ist, so können wir die individuelle Fortdauer der chromatischen Teile während der Unsichtbarkeitsperioden nur als eine Wahrscheinlichkeit, aber nicht als eine erwiesene Thatsache hinnehmen. Es ist eine etwas mißliche Sache, weittragende Theorien auf Zustände aufzubauen, die uns nur bekannt werden können durch eine unbeständige physikalische oder chemische Reaktion gewisser Farbstoffe auf eine Substanz, die wiederum einzig und allein durch jene Reaktion uns offenbart wird. Es ist hier der Ort, daran zu erinnern, daß verschiedenartige Sekrete der Zelle, sowie die Zerfallsprodukte beim Absterben der Zelle die Kernfärbungsmittel begierig aufnehmen.

Die sertile Anordnung (Dornenkrone) wird dadurch hervorgebracht, daß die Chromomeren zu Ende der vorigen Teilung in einer nach dem damals bestehenden Centrum gerichteten Stellung verharren, bis zur Zeit, wo die neuen Centra weit auseinander gerückt sind. Der richtende Einfluß, welchen dieselben auf das Kerninnere auszuüben scheinen, ist also kein kontinuierlicher; im Momente, wo die wirklichen Asterradien an die Stelle der bloßen Strahlungen treten, müssen die Schleifen in eine zur früheren rechtwinklig gerichtete Orientierung gebracht werden. Die Art und Weise, wie dieses geschieht, ist noch lange nicht festgestellt. Sicher ist nur, daß die Kernradien die Chromomeren aufsuchen, an dieselben sich ansetzen und sie nach und nach in diejenige Stellung bringen, wo sie alle in gleicher Entfernung von beiden Centren liegen (Kernplatte, Strophe). Die anscheinend unregelmäßigen Stellungen, welche die Chromomeren anfangs aufweisen, lassen sich wohl schwerlich durch ein Auf- und Abwärtsgleiten derselben an den Kernradien (Flemming) erklären, sondern vielmehr durch den Übergang aus dem monocentrischen Knäuel in die dicentrische sertile Anordnung und schließlich in

die Kernplatte. Man kann sich das typische Sertum als zwei uhrschalförmige Gruppen denken, welche sich mit der Mitte ihrer konvexen Seite berühren. Wenn man zwei Uhrschalen die Chromomeren mit Farbe aufmalte und sie in gedachter Stellung fixierte, so würden sie, von der Seite gesehen, das sertile Bild wiedergeben.

Die Kernplatte ist niemals eine wirkliche Scheibe, sondern eine scheibenförmige Stelle, wo alle Chromomeren versammelt sind. Aus dem vorigen Stadium kann man sich das letztere durch Abflachen der Uhrschälchen entstanden denken, bis beide zu einer einzigen Scheibe verschmolzen wären. Der Druck würde dabei zunächst in der Mitte sich geltend machen und von da aus allmählich bis zur Peripherie der Scheibe. Kleine kugelige Chromomeren würden hierdurch alle an die Peripherie gedrängt werden und eine Äquatorialkrone bilden, wie man es an den Spermazellen der Arthropoden (Carnoy) beobachtet. Schleifenförmige Fäden würden an ihren mittleren Teilen gefaßt und ihre freien Enden würden gegen den Rand gepreßt sein, wie man es auch bei den Rosettenformen beobachtet. Dieser Vergleich ist kein physikalischer Erklärungsversuch, sondern soll nur versinnlichen, wie die bei der

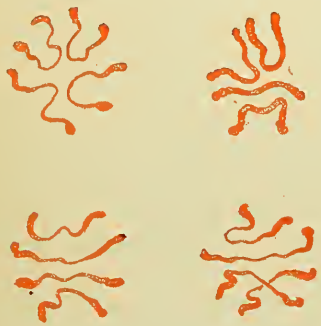


Fig. 159. Lagerung der Chromomeren während der Strophe der ersten Eiteilung von *Ascaris megalocephala*, nach Boveri (links oben und unten und rechts unten) und nach v. Beneden (rechts oben).

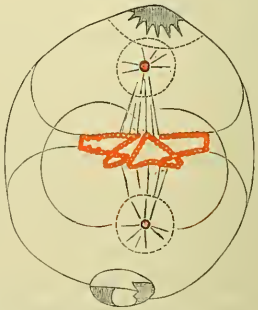


Fig. 160. Ei von *Ascaris megalocephala*, erste Teilung, Anfang der Metakinese, Spaltung der Chromomeren, nach v. Beneden.

Strophe beobachteten Anordnungen in der Entstehung der Scheibe durch Zusammenschmelzen zweier Kugelsegmente ihre Erklärung finden. Merkwürdig ist, daß niemals zwei Fäden in der Kernplatte kreuzweise übereinander liegen. Daß diese Lage dem Auseinanderweichen der Chromomerenhälften hinderlich sein würde, liegt auf der Hand; den Zweck anzugeben ist aber keine Erklärung und diese müssen wir in irgendeinem noch unbekannten Entstehungsmechanismus vermuten. Bei der Windrosenform der Kernplatte können die Fäden alle denkbaren Stellungen aufweisen, welche möglich sind, wenn keine Kreuzung stattfinden und die freien Enden nach außen ragen sollen; hierfür möge die Kinese am Ascariseie als Beispiel dienen (Fig. 159).

Die Doppelkrone (Bicorona) ist eine etwas verwickelte Figur, welche dadurch entsteht, daß die Spalthälften der Chromomeren entweder noch zusammenhängen (siehe Fig. 160) oder nach der Trennung noch nicht auseinander gerückt sind (Fig. 161). Letztere Figuren sprechen deutlich gegen die Annahme einer nach Muskelart plötzlichen Zuckungskontraktion der Kernradien. Die Spalthälften schleifenförmiger Chromomeren werden in der Regel an der Schleifenbiegung zunächst, zuweilen aber auch in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig und parallel von einander gezogen (v. Beneden). Im ersten Falle zeigt die Doppelschleife zwei nebeneinander nach außen ragende freie Enden und zwei übereinanderliegende nach einwärts gekehrte Bogen. Das Profil ähnelt einem liegenden >. Ganz anders gestaltet sich die Doppelkrone an den Samenzellen vieler Arthropoden. Hier gleicht die Profilansicht einem *C*, die Ansicht von vorne einem *O*; die beiden nach einwärts gekehrten Bogen stehen nebeneinander, die nach außen ragenden Bogen übereinander. Es scheint diese Figur dadurch zustande gekommen zu sein, daß das Chromatin an den äußeren Teilen der Chromomere sich sammelt und alsdann auseinander gezogen wird. Weniger regelmäßige Bilder ergeben die Spermatocytenteilung und die Polzellenbildung z. B. bei Ascaris. Die Chromomerenhälften behalten hier einen fast viereckigen Umriß und zeigen beim Auseinanderrücken verschiedengestaltete Verbindungsstränge. Als Übergangsformen zwischen diesen beiden Extremen können die kurzstabförmigen Chromomeren gelten, deren Spalthälften von einem Ende zum andern progressiv sich abtrennen, und die kurzen ungleichschenkligen Schleifen, welche zwar am Schleifenwinkel zuerst, dann aber am kurzen Ende und zuletzt am langen Ende auseinander gehen.

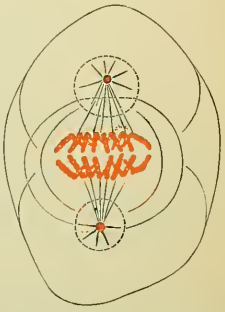


Fig. 161. Ei von *Ascaris megalocephala*, Metakinese der ersten Teilung, Doppelkronenform der Chromomeren, nach v. Beneden.

Die Tochterkronen (geteilte Kernplatte, Strasburger) gehen aus der Doppelkrone durch gleichzeitige Trennung aller Tochterchromomeren hervor, und indem diese in gleichem Tempo gegen die Mittelpunkte der Asteren wandern, befinden sie sich immer in gleicher Höhe und können in ihrer Gesamtheit als zwei Kronen aufgefaßt werden. Je nach der Länge, Gestalt und Anzahl der Chromomeren bieten diese Figuren so große Unterschiede, daß es schwer hält, dieselben unter einen gemeinsamen Namen zu bringen. Der hier gewählte ist noch am besten auf alle Fälle verwendbar, weil eben eine Krone ein sehr vielgestaltiger Gegenstand sein kann. Der Ausdruck »geteilte Kernplatte« (Strasburger) paßt nur auf gewisse Fälle, das Wort »Dyaster« (Flemming) auf keinen einzigen, da es niemals zu einem flachliegenden Stern (Ordensstern), noch zu einem nach allen Richtungen des Raumes strahlenden Stern (Aster)

kommt. Einen extremen Fall bietet das Ei von *Ascaris megalocephala*, wo die langen, bloß in der Zwei- oder Vierzahl vorhandenen Schleifen mit ihren Schleifenwinkeln dem Astercentrum schon nahe stehen, wenn die Schleifenenden noch tief und fast bis zur gegenseitigen Berührung herabhängen. Die Gesammtfigur (Fig. 162) kann mit einem doppelten Käfige oder besser mit einer doppelten Kaiserkrone verglichen werden. Sind die Schleifen zahlreicher und kürzer (Salamandra), so ähnelt das Ganze zwei einander zugekehrten Regenschirmgerüsten oder zwei Quasten. Sehr kurze und zahlreiche Chromomeren (Echinus) bilden eine gewölbte Scheibe, indem die größeren, am Rande befindlichen den kleinen, mittleren etwas nachstehen (gräfliche Krone). Die kugeligen, alle am Rande kranzförmig gelagerten Chromomeren (Spermatocyten vieler Arthropoden) teilen sich in zwei ebenso regelmäßige Kränze.

Fig. 162. Schema der Metakinese, drittes Stadium am Ei von *Ascaris megalocephala*, nach v. Beneden.

Die neuen Kerne entstehen durch das Zusammentreten der Karyomeren. Es kommen dabei die geschilderten Unterschiede in Gestalt und Zusammensetzung der Chromomeren zur Geltung und außerdem noch andere Abweichungen. Beim Echinideneie (*Strongylocentrotus lividus*) sieht man deutlich, wie die Karyomeren kommaförmig und dann kugelig werden, wobei der Chromatinfaden darin so gekrümmt liegt, daß er den mittleren Teil der Kugel frei läßt. Nachdem die Karyomeren miteinander verschmolzen sind, kann man noch an der Kernwand einzelne getrennte Chromatinfädchen unterscheiden. Bei *Ascaris* quellen die schleifenförmigen Karyomeren, ohne ihre Gestalt und Anordnung einzubüßen. Die chromatische Substanz ist körnchenweise in ihre oberflächliche Schicht eingestreut; sind die Karyomeren miteinander verschmolzen, so wandern die Chromatinkörperchen an die äußere Fläche des Gesammtgebildes. Längere Zeit hindurch behält der Kern eine äußere Gestalt, aus welcher die Lagerung der zusammengefügten Schleifen sich noch gut erraten läßt. In diesen beiden Fällen kann von einer Knäuelbildung während der Anaphase keine Rede sein. Bei *Sagitta* (Fig. 163) findet eine Auflösung in die Karyomeren nicht statt, indem die neuen Kernhöhlen aus der Teilung der primitiven Kernhöhle direkt hervorgehen und die Tochterchromomeren enthalten.

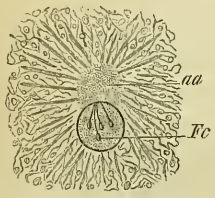


Fig. 163. Teil eines Eies von Sagitta, gegen Ende der Metakinese einen Aster mit Kernradien, geteilten Chromomeren und bereits gebildeter Kernhöhle zeigend, nach Fol.

Anders verhält sich die Sache in denjenigen Fällen, wo die Fadenstruktur des Chromatins (*Mitom*, Flemming) frühzeitig erscheint und lange bestehen bleibt, so z. B. bei den Amphibien. Hier erhält sich das Mitom in den jungen Kernen und bildet einen Knäuel oder Spirem (Flemming), welcher mit dem der Katakinese große Ähnlichkeit hat. Daß sich die Chromomeren miteinander

endständig zu einem einzigen Faden verbinden sollten, ist unbewiesen und klingt recht unwahrscheinlich. Die Verbindung geschieht auf andere Weise, indem die Chromatinfäden unregelmäßig varikös werden und äußerst dünne quere Anastomosen bilden, welche aufeinander treffen können. Die farblose Substanz (Plastin? Linin?, welche der chromatischen als Träger dient, hat offenbar in diesem Falle eine andere Gestalt als im ersten Beispiele; sie bleibt trotz ihrer Quellung immer noch strangförmig, anstatt rundliche Bläschen zu bilden. Das Bestreben, die fadenförmigen Chromomeren während des Ruhezustandes des Kernes zu einem einzigen Mitom verschmelzen zu lassen (Flemming), scheint in der Entdeckung monomitomischer Kerne (Balbiani) seinen Grund zu haben. Dieses ist jedoch ein Irrweg, weil solche Kerne sich niemals kinetisch, sondern stets direkt teilen (Carnoy).

Wie unglücklich die Bezeichnungen »mitotische und amitotische Zellteilung« (Flemming) gewählt sind, kann man daraus ersehen, daß gerade bei der sogenannten »amitotischen« Teilung das Mitom öfters am schönsten während des ganzen Vorganges bestehen bleibt.

Die bei der Kinese zur Geltung kommenden Kräfte verdienen noch zum Schlusse dieser Schilderung des kinetischen Vorganges eine Besprechung. Die einfachen, zu Anfang der Erforschung dieser Verhältnisse aufgestellten Hypothesen einer chemischen Auflösung und Strömungsbildung (Auerbach 1874 oder einer magnetischen bipolaren Anziehung (Fol 1879 vermögen gegen die heutzutage immer besser erkannte Kompliziertheit des Vorganges nicht Stich zu halten. Die Hypothese zweier Anziehungscentren (Fol 1873, v. Beneden 1883) ist eigentlich kein Erklärungsversuch, sondern eine bloße Konstatierung des sichtbaren Thatbestandes. So dürftig diese theoretischen Erörterungen gewesen sein mögen, so stellt doch ihnen gegenüber die Theorie (Pfitzner der Eigenbewegung des Chromatins und diejenige der Nebensächlichkeit der Amphiasterfiguren (achromatische Figur Flemming's) einen bedeutenden Rückschritt dar. Daß die Chromomeren Veränderungen aufweisen, also innere Bewegungen ausführen, geht aus der Beobachtung der im Kerne sich abspielenden Vorgänge während der Katakinese sowohl als auch der Anakinese hervor. Wir wissen aber nicht, ob diese Beweglichkeit dem Chromatin, dem Hemichromatin oder den achromatischen Bestandteilen des Kernes, oder allen zugleich zugeschrieben werden muß. Noch schwieriger stellt sich die Frage in Betreff der während der Prophase, der Strophe und der Metaphase beobachteten Bewegungen, weil als neues Element noch die Kernradien auftreten, deren evidentes Eingreifen eine eigene Beweglichkeit der Chromomeren nicht ausschließt. Einen neuen Aufschwung hat in neuerer Zeit die ältere Theorie (Villot 1876) der Rhizopodenähnlichkeit des Amphiasters erfahren. Es sollen nach derselben die Asteren aus Pseudopodien bestehen, welche nach allen Richtungen ausgestreckt sind, um die Stützpunkte zu gewinnen, welche nötig sind zum Entzweireißen der Kernbestandteile. Allein von solchen

gewaltsamen Anstrengungen bekommen wir bei der direkten Beobachtung nichts zu sehen; die von gewisser Seite (v. Beneden) behauptete muskelartige Kontraktion der Kernradien findet in der direkten Beobachtung keine Stütze. Am Sagitteneie (Fig. 164), wo der ganze Vorgang am lebenden Objekte sich verfolgen läßt, kann man im Gegenteil wahrnehmen, daß die Trennung der gespaltenen Chromomeren ganz allmählich stattfindet. Es stimmt dieses übrigens mit der Vergleichung der Amphiasteranordnung mit zwei heliozoenartigen Protozoen, einer Vergleichung, mit deren Erwähnung wir es vorläufig bewenden lassen.

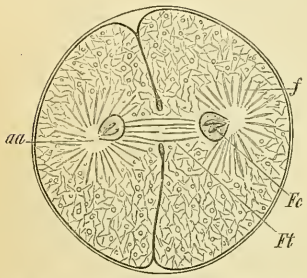


Fig. 164. Ei von *Sagitta*, Ende der Metakinese der ersten Teilung mit bereits gebildeten Kernhöhlen. *aa* Asteren, *Fc* Kernradien und Schleifen, *f* Asterradien, *Ft* Verbindungsfäden, nach Fol.

Ganz und gar rätselhaft ist der Einfluß, welchen die Centralkörperchen im allgemeinen und speziell die Astrocentren auf ihre Umgebung auszuüben scheinen. Dieser Einfluß ist nämlich ein intermittierender und kommt nur mittelbar durch die Asteren zur Geltung. Während der Pause sind die Centren nur von sehr unscheinbaren Asterfiguren umgeben. Diese entwickeln sich zu Anfang der Prokinese, bleiben bis zu Ende der Anakinese, öfters in ihren äußeren Teilen verbogen, liegen, während der innere Teil allein in die späteren Asteren übergeht. Ein bemerkenswerter Umstand ist es, daß das Centrosoma inmitten einer sehr dünnen, flüssigen oder gallertigen Substanz liegt, welche um so voluminöser ist, je aktiver die Zellteilungsphase. Der Einfluß, welchen das Körperchen mutmaßlich auf die Strahlungen und die Radien ausübt, kommt also nicht durch unmittelbare Berührung, sondern von einer gewissen Entfernung aus zur Geltung. Wenn wir aber annehmen wollten, daß die ganze Kinese als bloße Konsequenz der Teilung des Centralkörperchens erfolgte, so wäre hiermit die Schwierigkeit nur verlegt, denn über die Gründe der Teilung und des Auseinandergehens der Centra wissen wir nichts. So viel läßt sich nur aussagen, dass die Kinese an dem Centralkörperchen anfängt, auf das Zellenprotoplasma sich ausdehnt und erst durch dieses auf den Kern einwirkt. Das Wort Karyokinese müssen wir fallen lassen, weil es einer grundfalschen Vorstellung entspricht.

Die Teilung der Zelle bei der kinetischen Teilung ist eine späte Erscheinung, welche erst nach der Strophe beginnt, sich während der Metaphase abspielt und am Anfang der Anaphase beendet ist. Bei den meisten tierischen Zellen, welche ihre Gestalt ohne wesentliche Hindernisse verändern können, handelt es sich um eine progressive Einschnürung und Durchschnürung in der Äquatorialebene. Die äußere dichte Sarkodeschicht faltet sich nach einwärts, ohne dünner zu werden, die innere körnige Sarkode dagegen weicht aus und das Ektoplasma kommt schließ-

lich mit dem Amphiasterstiele in Berührung. An diesem sind nun einstweilen Vorbereitungen zur Teilung getroffen worden. Es bildet sich nämlich während der Metaphase eine Körnchenscheibe in der Äquatorialebene. Daß diese Körnchen als Verdickungen der Verbindungsfasern auftreten, ist noch nicht mit aller Sicherheit ausgemacht. An günstigen Objekten kann man eine Querspaltung eines jeden Kernes wahrnehmen, sodaß zwei parallele Körnchenscheiben entstehen. Diese stellen die Abgrenzung der Tochterzellen gegeneinander dar, und die Trennung findet auf einmal in der zwischen beiden Scheiben befindlichen dünnen Schicht statt. Bei Pflanzenzellen findet ein ähnlicher Vorgang öfters außerhalb des Bereiches der Verbindungsfasern statt, zuweilen sogar in der ganzen Ausdehnung der Trennungsfläche beider Tochterzellen. Es scheinen in diesem Falle die Körnchen an den Extremitäten der Asterradien ihre Entstehung zu finden, da wo die Gebiete beider Asteren aneinanderstoßen. Eine Einschnürung bleibt aus, und die Trennungsmembran bildet sich zwischen beiden Körnerscheiben gleichzeitig in deren ganzer Ausdehnung (Strasburger). Diese sogen. Zellplatte ist bei tierischen Zellen eine seltene Erscheinung und erreicht bei diesen niemals eine solche Ausdehnung wie bei Pflanzenzellen. In der großen Mehrzahl der Fälle tritt die Zellplatte bloß im Bereiche des Amphiasterstieles auf und wird die Trennung des Zellenkörpers dem Einschnürungsvorgange überlassen.

Die Membran der Zelle, falls eine solche vorhanden ist, verhält sich verschieden, je nachdem es sich um eine alte, wohldifferenzierte oder um eine junge, noch plastische Membran handelt. Im letzteren Falle, den man namentlich häufig an der Dotterhaut der Eier bei beginnender Furchung beobachtet, folgt die Membran der Einschnürung des Ektoplasmas, trennt sich aber von demselben vor Beendigung der Zellenteilung los und spannt sich glatt über die Furchungsprodukte hinweg. Starr gewordene Membranen folgen der Einschnürung nicht mehr; es kann sogar umgekehrt die Adhäsion der Zelle an eine feste Membran die Einschnürung der Zelle verhindern, und diese Fälle sind es, wo eine ausgedehnte Zellplatte auftritt.

Die kinetische Vierteilung der Zelle scheint unter normalen Verhältnissen nur bei Pflanzen (Isoëtes, Strasburger) vorzukommen. Im Tierreiche sind die hierher gehörigen Fälle entweder erwiesenermaßen pathologisch veränderte Elemente (abnorm befruchtete Eier, Geschwulstzellen oder sehr wahrscheinlich in dieses Gebiet gehörige Elemente (Wanderzellen an entzündeten Geweben). Bei abnorm befruchteten Eiern kommen verschiedene Anordnungen der vierteiligen Figuren vor. Die einfachste besteht aus zwei nebeneinander in einer Ebene liegenden Amphiasteren (Biamphiaster), deren jeder die Hälfte der vorhandenen Chromomeren in Anspruch nimmt. Zwischen den benachbarten Asteren der beiden Figuren erstrecken sich spindelförmige Radiengruppen, welche keine Chromatinteile führen. Etwas verwickelter erscheint eine aus vier,

wie die Spitzen eines Tetraëders gestellten Asteren bestehende Figur (Tetraëderaster, Fig. 165). Während der Strophe erscheinen die Chromomeren zu einer komplizierten Kernplatte vereinigt, welche in den auf den vier Achsen senkrechten Ebenen sich erstreckt. Die zahlreich vorhandenen Chromomerenhälften sammeln sich bei der Anakinese sofort zu vier neuen Kernen. Die unregelmäßigsten Figuren sind aber die aus vier in einer Ebene liegenden Asteren und aus ebenso vielen Kernplatten bestehenden (Tetraster), weil es sehr selten dabei bleibt, sondern in der Regel noch weitere Kernplatten innerhalb des Vierecks auftreten, welche mit den vier erstbesprochenen verschiedenartige Verbindungen eingehen. Recht häufig findet sich eine diagonal gestellte Kernplatte, zuweilen deren zwei, oder

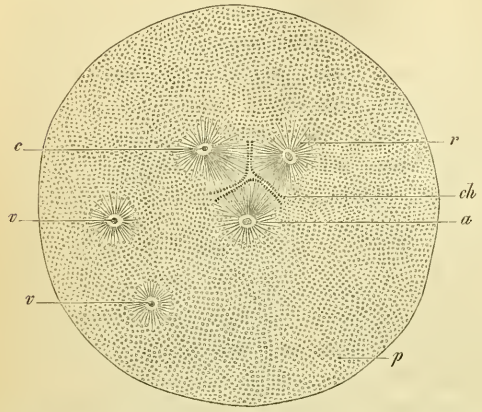


Fig. 165. Ei vom Seeigel (*Strongylocentrotus lividus*), abnorm befruchtet, erste Teilung mit einem Tetraederaster, von welchem nur drei Asteren im Bilde sichtbar sind (*ch* geteilte Kernplatte, *a* Asteren, *r* Radien), und zwei Spermavorkernen *vv*. Picro-aceto-osmium-Präparat. Originalfigur.

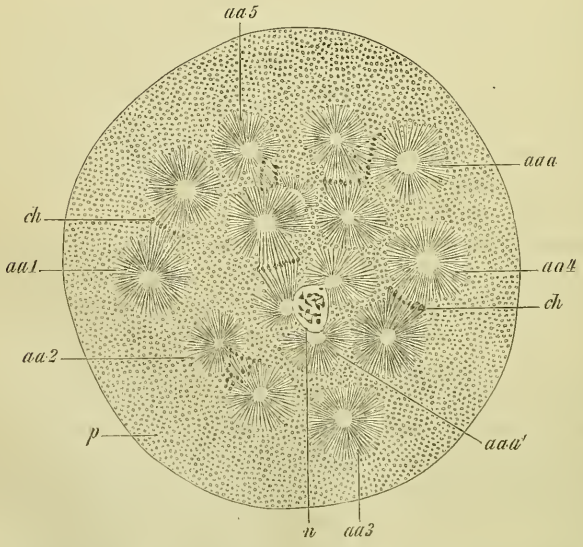


Fig. 166. Ei vom Seeigel, ganz abnorm polysperm befruchtet, zur Zeit der Strophe der ersten Teilung *n* Eivorkern, *aa* Asteren von Spermaamphiastern.

aber unbestimmt abgegrenzte kugelsegmentförmige Kernplatten, welche in die vier primären Platten übergehen. Andere Amphiasteren pflegen in solchen Fällen mit der besprochenen Figur verschiedentlich verbunden zu sein, wie wir es im Kapitel über Befruchtung erörtern werden (Fig. 166). Die zum Verständnis solcher kinetischen Figuren nötigen Nachzählungen der Chromomeren sind noch nicht vorgenommen worden, und es fehlen überhaupt die zu einer theoretischen Erörterung nötigen Daten fast vollständig.

Nachdem O. Hertwig (1875) kurz bemerkt hatte, daß durch mehrere Zoospermien befruchtete Eier des Seeigels sich abnorm entwickeln, beschrieb Fol (1877 und 1879) einige der hier zustande kommenden kinetischen Figuren. Es gelang ferner Fol (1883), diese Zustände willkürlich hervorzubringen durch Einschläfern der Eier mittels kohlensäurehaltigen Wassers kurz vor der künstlichen Befruchtung. Die ausgedehnteste Versuchsreihe führten aber die Gebrüder Hertwig aus, indem sie die zu befruchtenden Eier durch Alkoloïde alterierten. Mehrfache kinetische Teilungen an kranken Gewebszellen, Geschwülsten u. s. w. sind in neuerer Zeit vielfach beschrieben worden (Cornil u. a.).

Die kinetische Zellteilung be den Protozoen bildet in mancher Beziehung einen Übergang zu den anchonischen Zellteilungserscheinungen. Eine gleichzeitige Kern- und Zellteilung findet man namentlich bei einkernigen Rhizopoden (Amoeba, F. E. Schulze; Flagellaten, Bütschli,

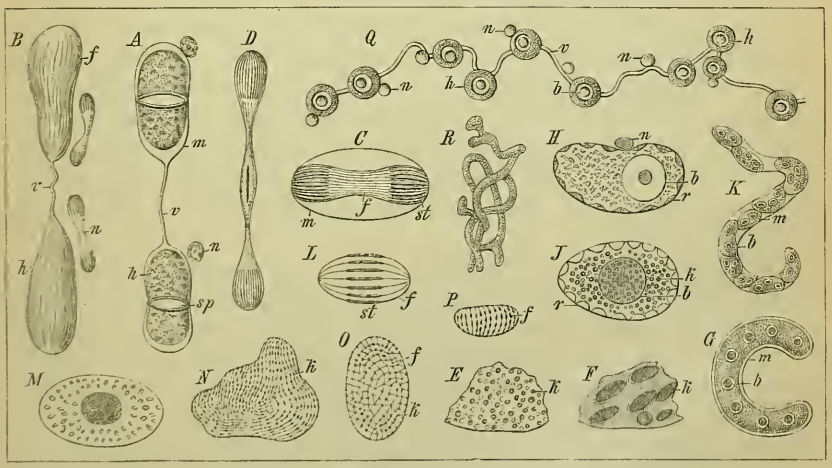


Fig. 167. Die Kerne bei Protozoen, *B* von *Stylonychia*, Makronucleus geteilt, Mikronuclei in der Metakinese; *C* von *Paramaecium*, Anfang der Metakinese; *D* dasselbe, Ende der Metakinese; *L* von *Carchesium*, in der Strophe; *st* Chromomeren; *f* Kernradien; *m* Kernmembran; *v* Verbindungsstiel des geteilten Kernes, nach Bütschli.

Blochmann). Die mehrkernigen Formen dagegen (erwachsene Actinosphärien, Radiolarien) zeigen eine ziemliche Unabhängigkeit zwischen der Zell- und Kernteilung. Die letztere Erscheinung geht der ersteren längere Zeit voraus oder kann sich mehrfach wiederholen, ohne eine

Zellenvermehrung zur Folge zu haben; die Mikronuclei der Wimperinfusorien vermehren sich ganz unabhängig von den Teilungsvorgängen des Tieres. Andererseits sind Fälle bekannt (Euglypha, Gruber, Schewiakoff), wo die Teilung des Körpers ziemlich weit fortgeschritten ist, ehe sich der Kern zur Teilung anschickt. An den Kernteilungsbildern wurde ziemlich allgemein ein System feiner Längsstreifen angegeben, häufig auch zwei symmetrisch um die Mittelebene gelegene Querbänder, welche aus färbbaren Partien der Längsstreifen bestehen; es handelt sich wohl um eine Doppelkronenform. Die längsten Chromomeren trifft man bei Paramäcien, wo sie ein Vierteil der Spindellänge einnehmen, die kürzesten bei *Stylonychia pustulata*, wo sie zu bloßen Körnchen herabsinken. Bei *Chilodon cucullulus* verbindet sich mit jeder Chromomere ein ganzes Bündel von Kernradien und der Kern ist sanduhrenförmig gegen die Pole erweitert (Bütschli). An den Kernspitzen wurden helle Flecke bemerkt, die man mit dem Astrocöl vergleichen kann. Von der gewöhnlichen Kinese weichen die Kernteilungsbilder bei Infusorien ab durch die Persistenz der Kernmembran, welche das ganze Kernradienbündel umgiebt, und durch die Abwesenheit von Asterfiguren. Ob solche bei geeigneter Reagentienbehandlung nicht zum Vorschein kommen würden, mag dahingestellt bleiben. Die Beobachtung (Stein 1867), daß bei Nyctotherus das ganze Körperplasma bis zur Oberfläche um einen neuen Makronucleus radiär strahlig erschien, steht bisher isoliert da. Andererseits ist auch bekannt, daß in der Teilung weit fortgeschrittene Mikronuclei bei Paramäcium und Colpidium im Momente, wo sie von der umgebenden Sarkode isoliert werden, plötzlich stark zusammenschnurren (Bütschli), was auf kinetische Spannungen hindeutet. Die auseinanderrückenden Tochterkerne bleiben längere Zeit durch eine gemeinsame Membran verbunden, die schließlich entzwei reißt und sich alsdann gegen die Tochterkerne zusammenzieht, ohne der Auflösung anheim zu fallen.

Ist in diesen Fällen eine Beziehung zu den kinetischen Vorgängen nicht zu verkennen, so zeigen die Makronuclei der ciliaten Infusorien bei ihrer Teilung keine solchen Beziehungen. Der Makronucleus zieht sich zusammen, band- oder rosenkranzförmige Kerne verkürzen sich zu einem einzigen. Die schwammige Struktur des Inhaltes geht in eine fadenförmige, knäuelartige über, und hierauf schnürt sich der Kern ein und teilt sich so, daß ein Teilstück in jedes der aus der Teilung des Infusorienkörpers hervorgehenden Individuen gelangt. Die Knäuelstruktur geht alsdann wiederverloren, ohne daß man von Chromomeren oder Kernplatte etwas zu sehen bekommt. Es bildet somit diese Trennungsart des Makronucleus einen entschiedenen Übergang zur direkten Teilung, welche bei der Zweiteilung von Actinolophus (F. E. Schulze) und Acanthocystis (R. Hertwig) an dem einzigen Kerne dieser Heliozoen beobachtet wurde.

Die direkte oder anchonische Zellteilung ist in neuerer Zeit wieder als eine weitverbreitete Erscheinung anerkannt worden. Sie herrscht

allein in den Geweben fast erwachsener, bereits metamorphosierter Arthropoden: jene großen Zellen der Insekten, namentlich diejenigen, welche mit so schönem Kerne und so ausgeprägtem Mitome versehen sind, haben bisher kein einziges Beispiel von kinetischer Teilung aufzuweisen (Carnoy). Die Hodenzellen der Arthropoden zeigen sogar am jugendlichen Organe abwechselnd anchonische und kinetische Teilungen. Bei anderen Tierkreisen tritt dagegen die direkte Teilung der indirekten gegenüber sehr in den Hintergrund. Bei Wirbeltieren sind es nur bestimmte Gewebsarten, wo die anchonische Teilung auftritt, indem sie mit der kinetischen alterniert. So wurde namentlich bei farblosen Blutzellen und bei den Wanderzellen des Bindegewebes das Vorkommen anchonischer Teilungen durch direkte Beobachtung (Ranvier, Arnold u. a.) über allen Zweifel erhoben.

Mit Ausnahme eines gewissen Entwicklungsstadiums der Geschlechtsdrüsen, wo das Auftreten direkter Zellteilungen noch unerklärt ist, kann dieselbe sonst überall als eine senile Erscheinung aufgefaßt werden. Mit unabweisbarer Notwendigkeit drängt sich dieser Schluß beim Studium der Insektenhistologie auf; bei Wirbeltieren aber kann man ebenfalls die Beobachtung machen, daß in fertig gebildeten hochspezialisierten Geweben nur noch anchonische Teilungen vorkommen. Diese Erfahrungen finden eine indirekte Bestätigung in den bei Chara beobachteten Erscheinungen (Schmitz, Johow). Hier wurde in klarster Weise nachgewiesen, daß bei jüngeren Zellen der Kern auf kinetischem Wege, bei älteren Zellen nach anchonischer Art sich teilt, und die Übergänge zwischen beiden Teilungsarten wurden aufgefunden und beschrieben.

Es besteht der anchonische Teilungsmodus in einer gleichzeitigen progressiven Einschnürung des Kernes und Zellkörpers oder aber des Kernes allein, wobei der Zellkörper nachträglich zerfallen kann oder nicht. Kinetische Centren, Asteren und deren Radien, Strahlungen wurden dabei stets vermißt, weßhalb wir bis auf weiteres zum Schlusse berechtigt sind, daß die Centren und Asteren bei solchen Zellen, welche eine direkte Teilung aufweisen, rückgebildet sind. Ein besonderes Interesse verdient die anchonische Teilung der Insektengewebskerne, welche ein schön ausgebildetes Mitom enthalten, wie z. B. Chironomus (Fig. 168). Hier sieht man, wie der Kernfaden durch die immer tiefer greifende Einschnürung getrennt wird, ohne auch nur die Spur jener bei der kinetischen Teilung auftretenden Figuren zu zeigen.

Fig. 168. Speicheldrüsenzelle der Chironomuslarve in anchonischer Teilung begriffen, mit unverändertem Mitome im Innern des Kernes, nach Carnoy.

Der von Flemming vorgeschlagene Name »amitotisch« ist, wie aus dem obigen erhellt, für die direkte Teilung durchaus unpassend und widersinnig. Es sind in neuerer Zeit Versuche gemacht worden, die bei der direkten Teilung auftretenden

Bilder für mißhandelte kinetische Figuren zu erklären. Diese, aus der vorgefaßten Meinung, die kinetische Teilung sei eine durchgreifende Erscheinung, hervorgehenden Bestrebungen beruhen auf irrtümlichen Voraussetzungen.

Die Zellensprossung existiert, so weit bisher bekannt ist, nur bei gewissen Protozoen als regelmäßige Vermehrungsart, z. B. bei *Podophrya gemmipara* (R. Hertwig, Fraipont, Robin, Maupas) und einigen festsitzenden Infusorien. Es umfaßt dieser Vorgang gleichzeitig und in gleicher Weise den Kern und den Zellenkörper (Fig. 169). Mannigfaltige Stufen vermitteln den Übergang zwischen dieser ausgesprochenen Sprossenbildung und der anchonischen Zellenteilung. Am häufigsten wird bei senilen oder hochspezialisierten Zellen höherer Tiere eine Lappenbildung am Kerne beobachtet, welche dessen Zerfall in mehrere Stücke herbeiführen kann, worauf der Zellenkörper ebenfalls zerfallen oder als mehrkerniges Syncytium bestehen bleiben kann. Kinetische Centren und Figuren wurden bei dieser Teilungsart ebenso vermißt, wie bei der direkten Zellteilung.

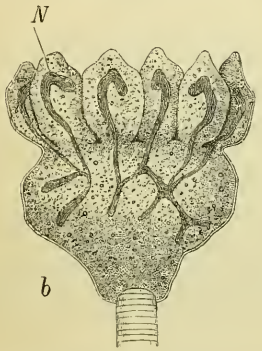


Fig. 169. *Podophrya gemmipara* mit sprossentreibendem Kerne *N*, nach R. Hertwig aus Claus.

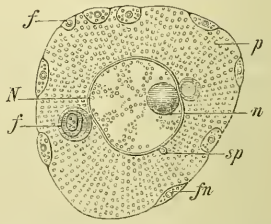


Fig. 170. Junges Ei von *Phallusia intestinalis* mit Kernkörperchen *n*, jüngster (*sp*) und junger (*f*) Follikularzelle und solchen (*fn*), die bereits aus der Oberfläche hervorragen. Originalfigur.

Anhang. Die Kernzellen-Sprossung ist ein Vorgang sui generis, den wir in diesem Abschnitte nicht unerwähnt lassen wollen, obgleich die eingehende Besprechung desselben bei der speziellen Entwicklung der Geschlechtszellen ihren Platz findet. Es wird sich dieser Vorgang in die Zellteilungserscheinungen erst dann einreihen lassen, wenn das Verhalten der kinetischen Centren bei demselben aufgeklärt sein wird, was gegenwärtig noch nicht der Fall ist. Es handelt sich um kleine Sprossen, welche von der Kernmembran junger Eier bei Tunicaten ausgehen (Fig. 170 *sp*), möglicherweise ein Stückchen aus dem Kerninhalte enthalten, und allmählich zu einem kleinen Kerne anwachsen. Dieser Kern umgiebt sich nun mit einer Sarkodeschicht (Fig. 170 *f*), trennt sich vom Eikern und wandert als kleine Zelle bis zur Oberfläche des Eies, aus welchem sie als Follikelzelle heraustritt (Fig. 170 *fn*). Es

wiederholt sich dieser Vorgang, bis die Follikelhülle vollendet ist, und geht dann bei Ascidien, welche zwei Eihüllen besitzen, in einen anderen ähnlichen Vorgang über, welcher der Testazellenschicht den Ursprung giebt (Fig. 171). Es handelt sich mit einem Worte um eine endogene, an der Kerngrenze stattfindende Zellbildung mit Partizipierung des Eikernes. Sicher erwiesen ist dieser Vorgang bisher nur bei Ascidien (Fol, Sabatier, Roule); wahrscheinlich ist er bei anderen Tunicaten (*Doliolum*). In anderen Tierkreisen hat man hier und da ähnliche Vorgänge gemeldet, ohne jedoch hierüber zur Gewißheit zu gelangen. Bei *Phallusia* kann man den Beweis liefern, daß die Follikelzellen wirklich aus dem Eie treten, anstatt in dasselbe einzudringen; bei anderen Tieren dürfte ein solcher Beweis schwer zu liefern sein.

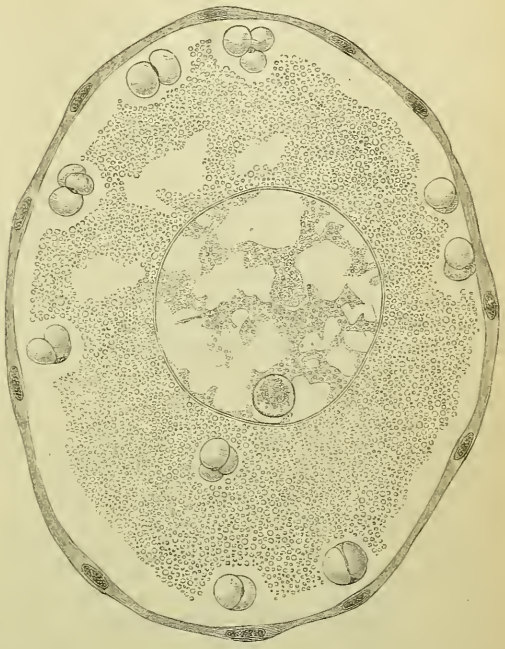


Fig. 171. Ei von *Phallusia intestinalis*, späteres Stadium mit fertig gebildeter Follikularhülle und Testazellen, deren eine noch im Inneren der Eizelle halbwegs zwischen Eikern und Oberfläche sich befindet. Originalfigur.

Die Haltlosigkeit der v. Beneden'schen Behauptungen über die Follikelzellenbildung bei Clavelina beweisen schon die Resultate Davidoff's und dürfte die Zukunft dieselbe immer klarer zu Tage bringen.

Über die Bildung kernloser Zellsprossen findet man das Nötige im letzten Abschnitt des vorliegenden Buches.

Litteratur.

Fol, H., Entwicklung des Geryonideneies. Jen. Zeitschr. Bd. 7. 1873. — Schneider, Anton, Plathelminthen. 14. Jahresber. Oberhess. Gesell. für Natur- u. Heilkunde. Gießen 1873. — Auerbach, L., Organol. Studien. Hft. 2. Breslau, Dez. 1874. — Bütschli, O., Freilebende Nematoden. Nov. Act. Leop. Carol. Acad. Bd. 36. 1874. — van Beneden, E., La maturation de l'œuf etc. des mammifères. Bullet. Acad. z. de Belgique. Bd. 40. Dez. 1875. — Mayzel, W., Teilung d. Kerne

in Epithelzellen. Centralbl. f. med. Wiss. Berlin 1875. — Balbiani, E. G., Division du noyau cellulaire. C. R. Acad. Sc. 30 Oct. 1876. — van Beneden, E., Dicyémides. Bullet. Acad. r. de Belgique. 1876. — Bütschli, O., Erste Entwicklungserschein. d. Eizelle, Zellteilung etc. 1875, herausgeg. 1876. — Bütschli, O., Erste Entwicklungsvorgänge. Abhandlgn. Senckenb. Gesell. Bd. 10. Frankfurt 1876. — Villot, A., Histologie de l'œuf. Revue Sc. nat. Montpellier. Bd. 5. Dez. 1876. — Fol, H., Comptes Rendus Acad. d. Sc. Bd. 83, 1876 u. Bd. 84 u. 85 1877 passim. — Fol, H., Commencement de l'hénogénie chez divers animaux. Arch. d. Sc. physiques. Genf 1877. — Hertwig, R., Bau und Entwicklung der Spirochona gemmipara. Jen. Zeitschr. Bd. 11. 1877. — Mayzel, W., Teilungsvorgänge des Zellkerns. Centralbl. medic. Wiss. Berlin. No. 11, No. 44. 1877. — Hertwig, O., Bildung, Befruchtung und Teilung des tierischen Eies. Morphol. Jahrb. Bd. I, 1875, Bd. III, 1877 u. Bd. IV, 1878. — Robin, Ch., Reproduction gemmipare et fissipare des Noctiluques. Journ. Anat. et Physiol. 1878. p. 563. — Arnold, J., Kernteilungsfig. in d. Zellen d. Geschwülste. Virch. Arch. Bd. 78. 1879. — Fol, H., Fécondation et commencement de l'hénogénie. Mém. Soc. d. phys. de Genève. Bd. 26. 1878—79. — Klein, E., Glandular epithelium and division of nuclei. Quart. Journ. micr. Sc. Bd. 19. Juli 1879. — Mayzel, W., Segmentation d. Eies v. Würmern u. Schnecken. Zool. Anz. 1879. p. 280. — Schleicher, W., Die Knorpelzellteilung. Arch. f. m. An. Bd. 16. 1879. — Schmitz, Fr., Vielkernige Zellen der Siphonocladiaceen. Halle 1879. — van Beneden, E., Embryologie des Mammifères. Arch. de Biologie. Bd. 1. 1880. — van Beneden, E., u. Julin, Ch., Maturation, fécondation et segmentation de l'œuf chez les Cheiroptères. Arch. de Biologie. Bd. 1. 1880. — Peremeschko, Teilung d. tierischen Zellen. A. f. m. An. Bd. 16. 1879 u. Bd. 17. 1880. — Schmitz, Fr., Protoplasma und Zellkern bei den Pflanzen. Sitzgsber. Niederrhein. Gesell. 1880. — Strasburger, E., Zellbildung und Zellteilung. 3. Aufl. 1880. — Flemming, W., Zelle und ihre Lebenserscheinungen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16, 1878, Bd. 18, 1880 und Bd. 30, 1881. — Johow, Fr., Zellkerne von Chara foetida. Bot. Zeit. 1881. No. 45, 46. — Mark, E. L., Maturation, fecundation and segmentation of Limax campestris. Bullet. Museum comp. zool. Harvard College. Bd. VI. Cambridge, Massach. 1881. — Martin, W. A., Indirekte Kernteilung. Virch. Arch. Bd. 86. 1881. — Pfitzner, Fadenförmige Differenzierungen des Zellkerns. Morphol. Jahrb. Bd. 7. 1881. — Retzius, G., Zellteilung. Biol. Unters. Stockholm 1881. — Henneguy, Division cellul. ou cytodiérèse. Congrès de la Rochelle 1882. Division des cellules embryonnaires chez les Vertébrés. C. R. Acad. Sc. mars 1882. — Flemming, W., Zellsubstanz, Kern- und Zellteilung. Leipzig 1882. — Strasburger, E., Teilungsvorgang der Zellkerne. Arch. f. mikr. An. Bd. 21. S. 476. 1882. — van Beneden, E., Maturation de l'œuf, fécondation et division cellulaire. Leipzig. Gent. Paris 1883. — Braß, A., Biologische Studien. Halle 1883. — Pfitzner, W., Zellkern u. s. Teilungserscheinungen. Arch. f. m. An. Bd. 22. 1883. — Roux, Kernteilungsfiguren. Leipzig 1883. — Arnold, J., Kerne und Kernteilungen in den Zellen des Knochenmarkes. Virchow's Arch. 1883—84. — Carnoy, J. B., La cytodiérèse chez les Arthropodes. La Cellule 1e partie. 1884. — Flemming, W., Regeneration d. Gewebe. A. f. m. An. Bd. 24. 1884. — Fol, H., Actualités histogéniques. Rev. méd. Suisse romande. Febr. 1884. — Fol, H., L'œuf et ses enveloppes chez les Tuniciers. Rec. Zool. Suisse. Bd. 1. p. 91 et 317. 1884. — Frommann, C., Struktur, Lebenserschein. und Reaktionen tierischer u. pflanzlicher Zellen. Jen. Zeitschr. Bd. 17. 1884. — Guignard, Rech. sur la structure et la division du noyau cellulaire. Ann. des sc. nat. Bd. 17. 1884. — Hertwig, O. u. R., Morphol. u. Physiol. d. Zelle. Kernteilg. b. Actinosphaerium Eichhorni. Jena 1884. — Heuser, E., Zellkernteilung. Botan. Centralblatt. 1884. No. 1—5. — Strasburger, Ed., Indirekte Kernteilung. Arch. f. m. An. Bd. 23. 1884. — Fraisse, Regeneration von Geweben und Organen bei den Wirbeltieren. Kassel und Berlin 1885. — Gruber, A., Kernteilung bei Protozoen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 35, 1881. Bd. 36, 1882. Bd. 38, 1883. Bd. 40, 1884. Bd. 41, 1885. — Rabl, K., Zellteilung. Morphol. Jahrb. Bd. 10. 1885. — Roule, L.,

Enveloppes ovulaires des Tuniciers. Rec. Zool. Suisse. Bd. II. p. 195. 1885. — Weismann, A., Kontinuität des Keimplasmas. Theorie der Vererbung. 1885. — Frenzel, J., Idioplasma und Kernsubstanz. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 27. 1886. — Platner, G., Die Karyokinese bei den Lepidopteren. Internat. Monatsschr. f. An. u. Histol. Bd. 3. 1886. — Platner, G., Nebenkern und seine Beziehung zur Kernteilung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26. 1886. — van Beneden, E., u. Neyt, Fécondation etc. Leipzig 1887. — Bizzozero u. Vassale, Erzeugung und physiol. Regeneration der Drüsenzellen der Säugetiere. Virchow's Archiv. Bd. 110. 1887. — Carnoy, J. B., La Cytodiérèse de l'œuf etc. La cellule p. 3. 1886 et 1887. — Carnoy, J. B., La segmentation de l'œuf chez les Nématodes. La Cellule. Bd. 3. 1887 (nicht datiert). — Cornil, Division indirecte des cellules par trois dans les tumeurs. C. R. Acad. Sc. T. 103. 1887. Arch. de Physiol. 1886 et 1887. — Flemming, W., Neue Beiträge zur Kenntnis der Zelle. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29. 1887. — Schewiakoff, Wl., Karyokinetische Kernteilung der Euglypha alveolata. Morphol. Jahrb. Bd. 13. 1887. — Arnold, J., Teilungsvorgänge an den Wanderzellen etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 30—31. 1887—88. — Böhm, A. A., Reifung und Befruchtung des Eies von Petromyzon Planeri. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 32. 1888. — Denys, J., La cytodiérèse des cellules géantes et des petites cellules incolores de la moëlle des os. La Cellule. Bd. 2. 1886. Anatom. Anz. März 1888. — Strasburger, Kern- u. Zellteilung im Pflanzenreich. Jena 1888. — Waldeyer, Karyokinese und ihre Beziehungen zu den Befruchtungsvorgängen. Arch. f. m. An. Bd. 32. 1888. — Platner, G., Zelle und ihre Teilung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 33. 1889. — Boveri, Th., Zellenstudien. Jen. Zeitschr. Bd. 21, 1887. Bd. 22, 1888. Bd. 24, 1890.

Dritter Abschnitt.

Die Absonderungen und Erzeugnisse der Zelle.

Die Absonderung. Lebende Zellen nehmen aus ihrer Umgebung mehr Stoffe auf, als zu ihrem Aufbau, zu ihrer Vergrößerung, Teilung und Vermehrung erforderlich wäre; denn die Lebensvorgänge setzen einen Verbrauch derjenigen Substanzen voraus, welche am Leben teilnehmen. Solche verbrauchte Stoffe müssen nach außen geschafft werden. Außerdem besitzen aber die Zellen im allgemeinen die Fähigkeit, überschüssige Stoffe aufzunehmen; wir rechnen hierher diejenigen Substanzen, welche durch ihre chemische Natur oder durch ihre Menge zum Aufbau, resp. zur Vergrößerung und Vermehrung des Zellenleibes sich nicht verwerten lassen. Solches Material müssen die Zellen entweder in ihrem Inneren in Gestalt von Ablagerungen oder nach außen als geformte Sekrete absetzen, oder aber auf kürzestem Wege als Exkrete von sich schaffen.

Absonderungszellen, d. h. solche Zellen, welche der Absonderung speziell gewidmet sind und diesbezügliche namhafte Struktureigentümlichkeiten darbieten, kommen nur bei Metazoen vor; in erster Reihe sind hier die Drüsenepithelzellen zu nennen. Bei Protozoen sind nur geringfügige Spezialisierungen zur Erfüllung dieser Funktion vorhanden. Die Drüsenzellen bieten vor allen Dingen auf die Beschaffenheit des Sekretes

bezügliche Differenzen dar: flüssige Sekrete können sofort nach ihrer Aufnahme wieder nach außen befördert werden und den Zellenleib wie ein Filter passieren (diakrine Zellen), oder das Sekret ist mehr weniger dickflüssig oder teigig und verweilt längere oder kürzere Zeit in der Zelle (merokrine Zellen, Ranvier), oder aber die Sekretmassen bleiben in der Zelle bis zu deren Untergang eingeschlossen (holokrine Drüsenzellen, Ranvier).

Die Zellen mit flüssigem Sekrete umfassen zwei Hauptabteilungen, solche nämlich, welche das Sekret direkt wie ein Filter durchlassen (diakrine), und solche, die das Sekret in inneren blasenartigen Räumen ansammeln und nur zeitweise ausleeren (ptyokrine Zellen). Es soll übrigens diese Einteilung nur zur Gewinnung allgemeiner Gesichtspunkte dienen, welche die Auffassung und Beschreibung verwickelter Vorgänge erleichtern können; im Einzelfalle muß man stets auf die Möglichkeit gefaßt sein, Übergängen oder Kombinationen zu begegnen, wovon wir bald einige Beispiele anführen werden.

Diakrine Drüsenzellen können eine parallele, zur secernierenden Fläche senkrechte Richtung der Sarkodefäden oder sogar wirkliche Stäbchensysteme aufweisen; in anderen Fällen zeigen solche Zellen durchaus keine nennenswerten Struktureigentümlichkeiten, wodurch sie sich von beliebigen Epithelien unterscheiden könnten. Letzterer Kategorie gehören z. B. die Epithelien, welche in der Vertebratenniere die Gefäßschlingen innerhalb der Malpighi'schen Kapseln bekleiden, an. Die Enzym bereitenden Zellen, welche einen Teil der Wandung der Speicheldrüsen, der Magendrüsen, der Pancreas- und Lieberkühn'schen Drüsen bekleiden, lassen kaum etwas bestimmteres unterscheiden, denn ihre Körnelung und die Färbbarkeit durch Karminlösungen sind ja Eigenschaften, die uns vorläufig, bis wir eine tiefere Einsicht in ihre Struktur gewonnen haben werden, nicht erlauben, dieselben von einer Menge ganz andersartiger Zellen zu differenzieren. Unter dem Namen der Stäbchenzellen versteht man diakrine Epithelzellen, deren basaler, d. h. vom Drüsenlumen abgewendeter Teil aus kleinen, geraden, stäbchenartigen Bildungen besteht. Sie liegen stets auf die Basalfläche der Zelle senkrecht, also untereinander parallel gerichtet, und reichen verschieden weit in das Innere der Zelle hinein. In den Epithelien der Malpighi'schen Gefäße der Insekten, in den Ausführungsgängen der Speicheldrüsen der Wirbeltiere u. a. reichen sie nur bis zum Kerne, also kaum bis zur halben Höhe der ganzen Zelle. In der Wirbeltierniere, wo sie im allgemeinen den zweiten und den vierten Abschnitt der Harnröhrchen bekleiden (bei Säugetieren den ersten und dritten wegen des Wegfalles des wimpernden Abschnittes niederer Wirbeltiere), erreichen die Stäbchen ihre höchste Ausbildung (Fig. 172 *A*), nehmen den Zellkern zwischen sich (*B*) und lassen nur den innersten, dem Lumen zugewandten Teil der Zelle aus undifferenziertem Protoplasma bestehen. Ein isoliertes Stäbchen sieht röhrenförmig aus und wird mit den angrenzenden Stäbchen durch

eine geringe Menge Plasmas zusammengekittet (R. Heidenhain). Direkte Versuche beweisen, daß diese Zellen an der Harnsekretion einen jedenfalls wichtigen Anteil nehmen; durch sie allein wird das in das Blut eingeführte indigschwefelsaure Natron eliminiert.

Das entgegengesetzte Verhalten zeigen manche Drüsenzellen bei Arthropoden. deren äußerer d. h. dem Drüsenlumen und Ausführungsgang zugewendeter Teil Stäbchenbildungen aufweist (Fig. 173 *A*). Indem sich diese Struktur mit jener den Arthropoden eigentümlichen Membranbildung kombiniert, welche die Zelle flaschenförmig umschließt und ihr einen eigenen Ausführungsgang bildet, entstehen schön organisierte einzellige Drüsen (Fig. 173 *A*). Eine weitere Komplikation kommt noch dadurch zustande, daß die secernierende Fläche sich gewissermaßen in den Zellenleib röhrenförmig einstülpt Fig. 173 *B*); ihre Flächenausdehnung und eine innige Wechselbeziehung mit den verschiedenen Teilen der Zelle werden dadurch

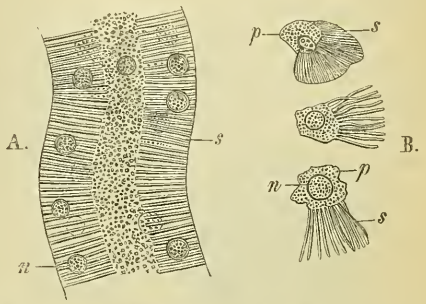


Fig. 172. *A* Längsschnitt eines *Tubulus contortus* der Hundeniere; *B* isolierte Zellen und Stäbchen der Rattenniere; *n* Kerne; *p* protoplasmatischer Teil der Drüsenzellen; *s* Stäbchen derselben, nach R. Heidenhain.

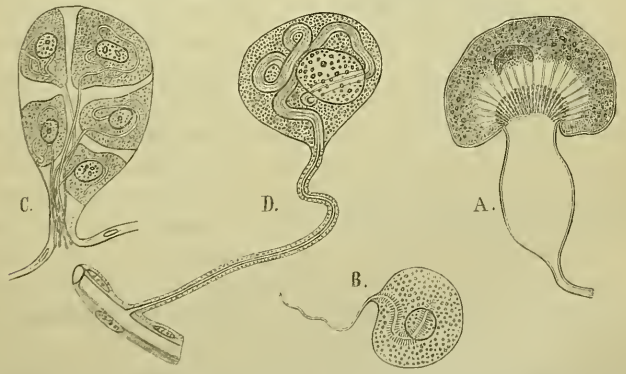


Fig. 173. *A* Nidamentaldrüse vom dritten Beinpaare eines Amphipoden (*Podocerus falcatus*), nach Nebeski; *B* Schlunddrüse von *Anthophora hirsuta*; *C* Submaxillardrüse der Biene, nach P. Schiemenz; *D* eine Zelle der Analdrüse einer Ameise (*Bothriomyrmex meridionalis*), nach Aug. Forel.

wesentlich vermehrt. Die Stäbchenbildung giebt sich durch eine auf das Lumen senkrechte Streifung der Röhrenwandung kund (Fig. 173 *B*); die Stäbchen sind allerdings kürzer und weniger ausgeprägt. — Ob diese verschiedenen Stäbchenbildungen mit den weiter unten zu besprechenden Bürstenbesätzen Ähnlichkeiten haben, oder gar vielleicht in eine

und dieselbe Kategorie gehören, läßt sich zur Zeit nicht bestimmt aussprechen. In anderen Drüsen der Arthropoden ist ein langer, in Windungen die Zellsubstanz durchbohrender Endocellulargang (Fig. 173, *C* und *D*) beschrieben worden, dessen Wandung keinen Stäbchenbelag aufweisen soll.

Ptyokrine Zellen stellen eigentlich die meisten Protozoen dar und manche Drüsenzellen niederer Metazoen. Welche Verbreitung deren Vorkommen bei höheren Tieren haben mag, läßt sich zur Zeit kaum erraten, wegen der großen Schwierigkeit, dieselben an solchen Elementen festzustellen, welche der direkten Beobachtung unzugänglich sind. Bei Heliozoen entstehen im Sarkodeleib oberflächlich gelegene Vakuolen, welche langsam anwachsen und nur durch eine dünne Protoplasmaschicht von der Aussenwelt getrennt sind (Fig. 174,*cv*); schließlich bekommt die Blasenwand einen Riß, die eingeschlossene Flüssigkeit wird entleert, die Wände kollabieren und das Spiel hebt von neuem an. Ähnlich verhalten sich die einzelligen Ektodermdrüsen der Appendicularien (Fol 1872). In jeder Zelle entsteht eine Vakuole, welche bedeutenden Umfang erreichen kann, und durch Bersten in längeren Zeiträumen ihren Inhalt entleert. Die höchste Ausbildung des ptyokrinen Vorganges bieten aber die Infusorien und zwar besonders die Wimperinfusorien (**Stentor, Paramaecium**), wo die Sekrethöhlung an bestimmter Stelle und in einer für jede Species konstanten, zuweilen komplizierten Gestalt präformiert ist und ihren Inhalt in kurzen, wenn auch nicht ganz gleichen Zeitintervallen durch eine ebenfalls präformierte und konstante Öffnung nach außen befördert.

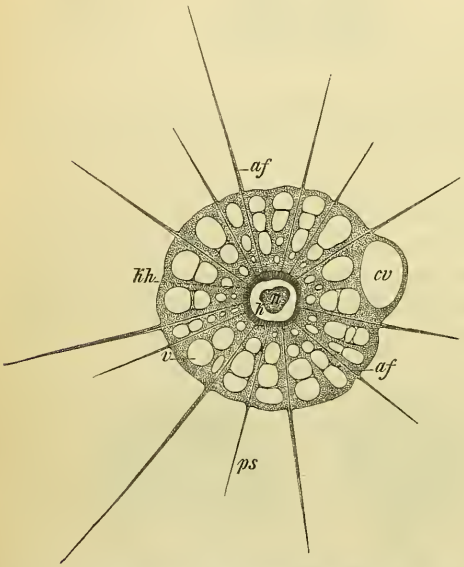


Fig. 174. *Actinophrys sol* im lebenden Zustande, *cv* die kontraktile Vakuole. Originalzeichnung.

Nach neueren Beobachtungen sollen auch innerhalb der Schleimzellen höherer Wirbeltiere, also in Drüsenzellen mit halbfestem Sekrete, Vakuolen sich bilden, und indem sie die Zelle durchwandern und an der Oberfläche platzen, die Sekretmassen nach sich ziehen (Ranvier). Diese, durch Fixierung thätiger Drüsen mittelst Osmiumsäure in Gegenwart von Stanniolstreifen gewonnenen Resultate sind einer weiteren Prüfung in hohem Grade würdig.

Merokrine Zellen mit halbflüssigem Sekrete bilden eine weitverbreitete Kategorie. Die im ganzen Tierreiche auftretende Schleimdrüsengruppe, sowie die Giftdrüsen der Amphibienhaut, die Gift- und Spinndrüsen der Arthropoden und unzählige speziellen Zwecken gewidmete Drüsen der verschiedensten Tierformen gehören hierher. Das Sekret bewahrt innerhalb der Zellen eine teigige Beschaffenheit; nach der Entleerung kann es aber entweder zu einer festen Substanz gerinnen (Seide, Spinngewebe, Cuticula der Molluskenschale etc.) oder aber im Wasser aufquellen und einen Schleim bilden (Schleimzellen). Die Zellen enthalten entweder kleine Körnchen oder Granula (Körnchenzellen), oder helle, mäßig lichtbrechende Kügelchen, oder aber, und zwar häufiger, beides zugleich. Gegen die secernierende Fläche zu liegen die Kügelchen immer dichter beisammen (Fig. 175) und können daselbst zu größeren Massen zusammenfließen, an welchen durch Färbungsmittel ein gröberes Netz (List) zum Vorschein kommt; dieses Netz aber mit dem viel feineren Sarkodenetz, das man im unteren Teile der Zelle sieht, zusammenzuwerfen, erscheint durchaus ungerechtfertigt. Gestalt, Größe und Aussehen einer gleichen Zellenart sind nach dem jeweiligen Füllungszustande derselben sehr verschieden. Ganz leere Schleimzellen bekommt man nur durch tief eingreifende Prozeduren zu Gesichte, z. B. wenn man eine Drüse mehrere Stunden lang durch elektrische Reizung ihres Nerven erschöpft. Sie sieht dann einer beliebigen indifferenten Epithelzelle oder einer Enzymdrüsenzelle sehr ähnlich; von der letztgenannten Zellenart kann man eine erschöpfte Schleimzelle doch noch unterscheiden, kaum aber von einer jungen, noch nicht in Thätigkeit getretenen Schleimzelle, einer sogenannten Ersatzzelle. Die physiologische Entleerung geht niemals soweit, und sogar nach Pilokarpinvergiftung enthalten die merokrinen Zellen noch reichlich Sekretkügelchen.

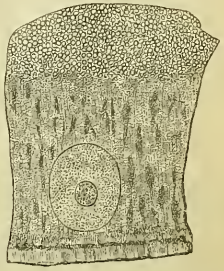


Fig. 175. Endostyl-Schleimzelle von *Salpa maxima* mit Stäbchensaum am Fuße, paralleler Längsstreifung am mittleren Teile und Sekretansammlung an der Oberfläche. Originalzeichnung.

Die Schleimzellen sind nicht alle merokrin; es giebt auch kleine mucigenhaltige Zellen in mehrschichtigen Epithelien, welche aus der Tiefe emporsteigen und aus der Oberfläche des Epithels in toto heraustreten (Leydig'sche Zellen), also zu den holokrinen Zellen gehören. Die eigentlichen merokrinen Schleimzellen können für sich allein ganze Epithelstrecken darstellen, entweder an glatten Schleimhäuten oder in den Röhren und Blindsäcken besonderer Drüsen; sie nehmen in solchen Fällen eine einfach cylindrische Gestalt an. Schleimzellen kommen aber auch einzeln inmitten andersartiger Epithelien eingestreut vor und nehmen alsdann zumeist eine Becherform an (Becherzellen, Fig. 176); der verlängerte, aus Sarkode bestehende Fußteil enthält den Kern, der obere

eigentliche Becher mit etwas verengter runder Öffnung ist mit Mucigenmassen mehr oder weniger angefüllt. Sehr große Schleimzellen, wie solche am Mantelrande von Lamellibranchiaten und *Dentalium* vorkommen, können auch aus dem Epithel tief in die darunterliegende Cutis hinabwachsen. Der Becher nimmt alsdann die Gestalt eines langen Schlauches, an dessen Grunde der gekernte Sarkodeleib durch einen Hals angehängt ist. Wird der Schleim noch in seiner Körnchengestalt nach außen abgesetzt, so findet zuweilen bei der Berührung mit dem Wasser eine stürmische Aufquellung eines jeden Körnchens statt, welche unter dem Namen des »Körnchenplatzens« bekannt ist.

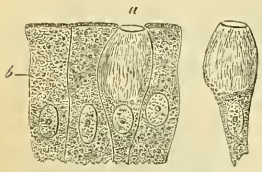


Fig. 176. Darmzottenepithel des Menschen, *a* becherförmige Schleimzellen, *b* Epithelzellen, nach Frey.

Eine schwierige Frage ist die nach der Herkunft und Dauer der Schleimzellen. Daß die kolossalen Schleimzellen der Haut von Mollusken und von manchen Würmern als solche angelegt sind und einen permanenten Charakter tragen, ist wohl kaum zu bezweifeln. Andererseits läßt sich aber ziemlich bestimmt aussagen, daß gewöhnliche Cylinder- oder Flimmerepithelien des jugendlichen Tieres beim erwachsenen in Schleimepithelien sich umwandeln; es wurden sogar Fetzen eines Wimperkleides an der Oberfläche von Zellen nachgewiesen, welche anfingen Schleim zu bilden (*Dentalium*, Fol). In vielen Fällen muß aber diese Frage von künftigen Forschungen eine befriedigende Antwort erwarten. Denkbar ist es jedenfalls, daß zwischen permanenten und holokrinen Schleimzellen viele Zwischenstufen bestehen.

In der Haut des *Axolotl* finden sich abgeschlossene, in der Tiefe der Epidermis liegende Schleimzellen, welche keinen Ausführungsgang nach außen besitzen; es handelt sich aber um spezielle, mit der verzögerten Umwandlung der Larve in *Amblystoma* zusammenhängende Verhältnisse, denen eine allgemeine Tragweite gänzlich abgeht.

Die Leberzellen der Wirbeltiere nehmen wegen ihrer höchst komplizierten Verrichtungen ein höheres Interesse in Anspruch; denn es muß jede Zelle verschiedene Substanzen in entgegengesetzten Richtungen aufnehmen, umsetzen und absondern. Eine jede Leberzelle steht mit einer, venöses Blut führenden Kapillare und mit einem Gallengange in Berührung, abgesehen von den ernährenden Blutgefäßen. Sie nimmt von der Verdauung stammende Stoffe aus dem Blute auf, lagert auch zuweilen Pigmente ab, giebt Galle an die Gallenkapillaren und verschiedene Stoffe an das Blut ab. Der mikroskopische Befund stimmt mit diesen physiologisch festgestellten Thatsachen kaum überein, bietet vielmehr eine Einfachheit, welche wohl in der Unzulänglichkeit der jetzigen Forschungsmethoden ihre Erklärung findet. Vom Kerne gehen Fäden aus, welche unter Schlängelung und Anastomosenbildung hauptsächlich gegen die entgegengesetzten Kapillaren des Blut- und Gallensystemes

hinstreben. Diese Fädchen sind verschiedentlich als Sarkode oder als Filarsubstanz aufgefaßt worden, je nachdem man in denselben die ganze durch Sekretablagerung verdrängte Zellensarkode oder nur den festeren, aus Plastin bestehenden Anteil dieser Sarkode erblickte. Die Angelegenheit ist jedenfalls noch nicht spruchreif. Wohlgenährte Leberzellen haben ein gefülltes, festes, durchscheinendes Aussehen; leere Leberzellen, wie man sie an hungernden Tieren, z. B. an Winterfröschen beobachtet, sind kleiner, zusammengeschrumpft und körnig, enthalten auch etwas grobkörniges Pigment. Das helle Aussehen der ersteren rührt von einer aus Glykogen und einem nicht näher bestimmten Substrate bestehenden Substanz her. Fetttröpfchen finden sich spärlich eingestreut und nehmen während der verschiedenen Stadien der Verdauung abwechselnd ab und zu. Diese Fettpartikelchen dürften zum geringsten Teile in die Galle gelangen; die meisten unterliegen innerhalb der Zelle weiteren Umsetzungen. Das Glykogen zeigt sich um so diffuser verteilt, je plötzlicher und gelungener die Fixierung des Gewebes ausfiel; größere Glykogentropfen dürfen daher wohl als eine postmortale Erscheinung aufgefaßt werden (Ranvier). Es wurden zuweilen in Leberzellen kleine Krystalle von Gallenfarbstoffen gefunden, welche wohl als solche von der Zelle ausgestoßen werden. Die Oberfläche der Zelle ist als hyaline Hüllschicht differenziert, welche die Grenze zwischen anstoßenden Zellen markiert und die Wandung der Gallenkapillare bildet. Eine Membran kann es nicht sein, denn sonst könnten feste Gallenbestandteile dieselbe nicht passieren.

Merokrine Zellen mit festem Sekrete sind in äußerst seltenen Fällen sicher nachgewiesen; man kann aber den Vorgang an manchen Orten vermuten, wo dessen genauere Verfolgung bisher nicht gelang. Schritt für Schritt wurde die Ausstoßung eines festen, endogen gebildeten Körpers an den Epithelzellen der Gehörbläschenwandung von Weichtieren verfolgt; es entstehen nämlich die Gehörsteine auf diese Weise und wachsen nachher in der Gehörblasenhöhle bis zu ihrer definitiven Größe. Ob die bei Mollusken und Arthropoden in den Nierenzellen abgelagerten Harnkonkremente ohne Untergang der betreffenden Zellen zuweilen frei werden können, bleibt fraglich. Das Gleiche gilt von der Magendrüse (Mitteldarmdrüse, Hepatopankreas) der Mollusken und Arthropoden. Diese Drüse besitzt im Allgemeinen ein aus zweierlei, alternierend gestellten Zellen bestehendes Epithel. Die einen Zellen enthalten helle halbflüssige Kügelchen, die anderen festere, öfters gefärbte Körnchen oder Krystalle, welche zerstreut oder zu größeren Massen zusammengeballt vorkommen. In letzterem Falle scheinen die Zellen zur Befreiung ihres Inhaltes zum Untergange verurteilt, zerstreute feine Körnchen dürften dagegen einzeln ausgestoßen werden.

Über die physiologische Bedeutung und chemische Natur dieser Sekrete der Magendrüse von Wirbellosen läßt sich aus den vorliegenden mangelhaften Angaben nichts sicheres und namentlich nichts allgemeines entnehmen. Es sei bei dieser

In der **Grundsubstanz** des hyalinen Knorpels glauben manche Beobachter ein Kanalsystem aufgefunden zu haben. Im Kopfskelete von *Loligo* und *Sepia*, sowie von manchen Plagiostomen kommt eine Knorpelart vor, deren Zellen reich verästelte Ausläufer entsenden und dadurch mit den Nachbarzellen kommunizieren. Den Ausläufern entsprechen verästelte Kanälchen, welche die Intercellularsubstanz durchsetzen. Sonst gleicht dieses Gewebe dem Rundzellenknorpel vollkommen. Vergebens hat man bei letzterem nach Kanälchen gesucht, welche denen des Sternzellenknorpels entsprächen. Was man durch schwierige Reaktionen sichtbar machen konnte (Budge, Heitzmann), ist etwas viel feineres als die Kanälchen des Loligoknorpels. Behandelt man den letzteren mit Alkohol und Äther, so erscheinen in seiner Grundsubstanz ähnliche Zeichnungen wie in der hyalinen Substanz des Rundzellenknorpels bei gleicher Behandlung, ein Beweis, daß sie mit den so leicht sichtbaren Kanälchen nichts gemeinsames haben. Manche halten jene feinsten Zeichnungen für Kunstprodukte (Solger), andere halten sie für wirklich präformiert und haben sie mit dem Namen der »Saftkanälchen« belegt (Bubnoff).

Auffallend ist die Resistenz der Grenzschicht zwischen Zelle und Intercellularsubstanz gegen Chemikalien, z. B. bei langer Abkochung mit Wasser oder beim Macerieren mit verdünnten Säuren. Es scheint, als ob die Eiweißstoffe der Zelle beim Übergang in Collagen und Mucin ein Umwandlungsstadium durchmachen müßten, wo sie resistenter sind wie Eiweiß und wie Collagen. Diese Umwandlung würde dann natürlich an der Oberfläche der Zelle stattfinden und die kapselartigen Hüllen erklären, welche zurückbleiben, wenn alles übrige bereits verdaut ist.

Faserknorpel nennt man ein Gewebe, dessen Grundsubstanz in Fasern zerfällt und sich somit dem faserigen Bindegewebe nähert, von welchem es durch festeres homogeneres Gefüge und durch die mehr rundliche Gestalt und gruppenweise Anordnung der Zellen sich unterscheidet. Durch Macerieren des hyalinen Knorpels in 10procentiger Kochsalzlösung, sowie durch Verdauen desselben mit Trypsin, zeigt die Grundsubstanz des Knorpels einen Zerfall in parallele Fibrillen. Das Gelingen der Reaktion und die Deutlichkeit der erhaltenen Bilder hängen sehr von der Örtlichkeit ab, welcher der Knorpel entnommen wurde, und vom Alter des Tieres. Im Kehlkopfe eines erwachsenen Mannes, im Rippenknorpel eines Greises ist dieser Zerfall ohne Reagentien leicht sichtbar. An vielen Orten, z. B. den Ansatzstellen von Sehnen oder Bändern am Knorpel, kann man den Übergang beider Knorpelarten ineinander beobachten und sich davon überzeugen, daß zwischen hyaliner und faseriger Intercellularsubstanz kein absoluter Unterschied besteht. Es dürften wohl die sogenannten Saftkanälchen auf einer chemisch bestehenden und durch chemische Reagentien nachweisbaren, aber noch nicht sichtbaren Faserung der Grundsubstanz beruhen. Den schönsten Übergang bietet aber ein Gewebe, wo echte Knorpelzellen, jede mit einem Hofe hyaliner Substanz umgeben, in einer vollkommen fibrillären Grundsubstanz ein-

gebettet liegen. Die hyaline und fibrilläre Substanz hängen derartig zusammen, daß an einer Kontinuität nicht zu zweifeln ist.

Netzknorpel nennt man einen hyalinen oder faserigen Knorpel, dessen Grundsubstanz von einem Netze elastischer Fasern durchsetzt ist. Die Zellen zeigen in der Regel eine sehr gleichmäßige Verteilung. Epiglottis und Ohrknorpel der Säugetiere sind die bekanntesten Vorkommnisse dieser Knorpelart. Die einfachste Gestalt und Anordnung der Elastinfasern bietet der Ohrknorpel junger Kaninchen; die Zellen laufen in geraden Reihen und jede Reihe wird von einer Gruppe paralleler Fasern eingefaßt, welche so angeordnet sind, daß sie einen Hohlcylinder darstellen. Beim Rinde kompliziert sich das Netz durch das Hinzutreten von Querfasern, welche die Längsfasern untereinander verbinden und um jede Zelle herum einen förmlichen Korb bilden. Den höchsten Grad der Ausbildung erreicht endlich das Elastinnetz bei Schaf und Katze (O. Hertwig). Die ersten Fasern erscheinen nicht im Innern, sondern an der Oberfläche der reihenförmig angeordneten Zellen und zwar so, daß jede einzelne Faser von einer ganzen Zellenreihe gemeinschaftlich erzeugt wird. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß fertig gebildete und von den Zellen getrennte Fasern noch fortwachsen können, und andererseits sind Beispiele bekannt (Epiglottis und Gießbeckenknorpel des erwachsenen Mannes), daß hyaliner Knorpel sich in Netzknorpel dadurch umwandelt, daß Elastin in Körnchenform in der homogenen Grundsubstanz erscheint und nachher sich zu Fasern anordnet. Die Elastinfasern des Netzknorpels sind somit niemals ein Differenzierungsprodukt des Zellenplasmas, sondern eine Ausscheidung, welche entweder direkt (Ohrknorpel) oder erst mittelbar (Gießbeckenknorpel) in Faserform gerinnt.

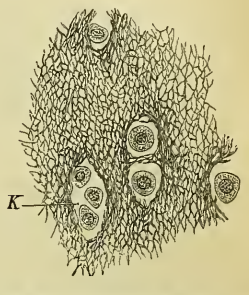


Fig. 187. Netzknorpel vom Ohr des Menschen. *K* Knorpelzellen.

Durch Trypsinverdauung kann man die Elastinfasern entfernen und die übrigbleibende Grundsubstanz in Collagenfasern spalten, welche an der Oberfläche in die Fasern des Perichondrium übergehen. Um die Zellen herum liegen diese Fasern dicht beisammen und bilden eine Hülle (Kolster), die von Einigen für eine Membran gehalten wurde.

Der Lebenslauf des Knorpels bringt verschiedenartige Veränderungen mit sich. Die Knorpelzellen vermehren sich durch Teilung. Je nach der relativen Schnelligkeit dieser Fortpflanzung und der Abscheidung von Grundsubstanz können die Zellen annähernd gleichmäßig verteilt oder aber gruppenweise vereinigt sein. Außer diesem interstitiellen Wachstume kommt auch hie und da ein appositionelles Wachstum der Knorpelteile vor, indem benachbartes embryonales Gewebe sich in Knorpelgewebe umwandelt, oder aber die neuen Knorpellagen werden vom Perichondrium aus gebildet (Bruch, Gerlach). In letzterem Falle

durch Absorption verschwinden können. Auffallend große Fetttropfen bilden sich in den Eiern pelagischer Fische und Copepoden, wo sie die Rolle eines hydrostatischen Apparates übernehmen.

Ablagerung von Nährstoffen in den Eizellen. In den reifenden und reifen Eizellen werden sehr verschiedenartige Ablagerungen angetroffen, welche in morphologischer Hinsicht sehr dürftig, in chemischer fast gar nicht bekannt sind. Die eigentlichen Fettkörper kommen, außer bei Arthropoden und Wirbeltieren, nur selten vor, dafür aber eine Reihe stickstoffhaltiger Substanzen, welche durch starkes Lichtbrechungsvermögen, intensive Schwärzung mit Osmiumsäure und scharfe Begrenzung beim ersten Blick als Fett imponieren können und als Dotterkügelchen, Lecith, bekannt sind. Phosphor und Schwefel sind in vielen Fällen in reichlicher Menge konstatiert worden. Lecithin und ähnliche Stoffe wurden aus den großen Eiern der Sauropsiden isoliert; man weiß aber nicht, in welcher chemischen und morphologischen Form dieselben im lebenden Ei enthalten sind. Bei Fischen (Haie und manche Knochenfische), sowie bei Weichtieren (*Cavolinia* unter den Pteropoden) kommen geschichtete Kügelchen vor, welche in der Seitenansicht eine Reihe abwechselnd schwächer und stärker lichtbrechender, gerader, paralleler Linien erblicken lassen; es ist dies der Ausdruck einer Zusammensetzung aus alternierenden flachen Scheiben von verschiedenen optischen Eigenschaften. Manche Lecithkugeln, namentlich im Insekteneie (*Gryllotalpa*) nehmen Karmin und Hämoxylin bedeutend stärker auf wie die Zellenkerne, freilich in etwas abweichendem Farbentone. Viereckige Blättchen finden sich im Amphibieneie, sowie auch eigentümliche spindelförmige Körperchen (O. Hertwig); die größte Ausbildung der Lecithkörperchen bietet aber das Reptilien- und namentlich das Vogelei. Es lassen sich im Dotter des Hühnereies zwei makroskopisch verschiedene Substanzen unterscheiden, der weiße und der gelbe Dotter. Im gelben Dotter findet man etwa 0,1 mm im Durchmesser haltende Kugeln mit feinkörnigem Inhalt und zarter Hüllhaut. Im weißen Dotter kommen etwa halb so große Kugeln vor, welche kleinere Kügelchen nebst feinen Körnchen enthalten. Diese kleineren Kügelchen kommen auch frei in der Grundmasse des Dotters vor und zeigen in ihrem Innern ein glänzendes Körperchen. Solche Kügelchen für Zellenelemente zu halten oder Zellenelemente direkt aus denselben abstammen zu lassen, hieße die ganze histologische Wissenschaft auf den Kopf stellen.

Der weiße Dotter des bereits gelegten Sauropsideneies wird vom wachsenden Keime aufgenommen und durch Zerfall des gelben Dotters regeneriert. Nicht so im reifenden Ei, wo eine weiße Stelle vorkommt, die man möglicherweise für die Bildungsstätte des gelben Dotters zu halten hat (Reptilienei, C. F. Sarasin).

Eine besondere Ansammlung von Dotterkörnchen wurde in den reifenden Eiern einiger Tierarten beobachtet und als Dotterkern bezeichnet. Von allen Gebilden, die man unter diesem Namen zusammen-

geworfen hat, gehören aber nur wenige hierher. Die nähere Besprechung dieses Gegenstandes findet im Kapitel über die spezielle Entwicklung der Geschlechtszellen eine geeignete Stelle. Es sei hier nur erwähnt, daß die »Dotterkerne« entweder wirkliche Kerne sind, welche aber mit dem Dotter nichts zu thun haben, oder aber zum Dotter gehören, dann aber keine Kerne sind, sondern Dotterkonkremente. Das sicherste Beispiel dieser aus zusammengeballten Dotterkörnchen gebildeten Kugeln bietet das Arachnidenei (v. Wittich, Balbiani), wo dieselben bis zur Zeit der völligen Eireife persistieren können. Es stellt dieser sogen. Dotterkern einen umfangreichen, konzentrisch geschichteten, kugelrunden, vom Eikerne ganz unabhängigen Körper dar. Auffallend ist es, daß derselbe bei benachbarten Eiern in den einen vorkommen, in den anderen fehlen kann. In hungernden Tieren zeigt es sich, daß er in einen Haufen gewöhnlicher Dotterkörnchen zerfällt (Schütz). Hierdurch wird dieses Gebilde als eine unwesentliche Nebenerscheinung bei der Lecithbildung einiger Tierarten charakterisiert.

Die chemische Zusammensetzung der Dotterbestandteile liegt noch sehr im Dunkeln. Wir besitzen einige Angaben über die Stoffe, welche im ganzen Dotter vorkommen, wissen aber nichts sicheres über deren Beziehungen zu den einzelnen geformten Bestandteilen. Am reichlichsten und am häufigsten konnte man Folgendes isolieren: Lecithin, Vitellin, Nuclein, Leucin, Fette, phosphorhaltige Stoffe. Die Dotterkonkremente des Spinneneies scheinen hauptsächlich Leucin oder etwas verwandtes zu enthalten.

Proteinkörner, Aleuron, Krystalloïde sind stickstoffhaltige Erzeugnisse, welche im Pflanzenreiche eine weite Verbreitung erreichen. In Tiergeweben dagegen fand man nur selten und in beschränktem Maße derartige Körperchen, deren chemische Reaktionen mit denen der Eiweißstoffe übereinstimmen. Die Aleuronkörner sind abgerundete, meistens konzentrisch geschichtete Körperchen von ziemlicher Konsistenz. Die Krystalloïde sind verschieden gestaltet und in krystallographischer Beziehung nicht genügend bekannt. An einigen derselben wurde eine der Auflösung vorausgehende Quellung beobachtet.

Ablagerung von Nährstoffen in den Embryonalzellen. In den Zellen mancher Tierembryonen lagern sich den Dotterkörnchen ähnliche Stoffe ab. Es geschieht dies vornehmlich bei kleinen, mit reichlichem Eiweiß umgebenen Eiern (Gasteropoden, Hirudineen und Regenwürmer). Die Larven schlucken das Eiweiß hinunter, und die Entodermzellen füllen sich mit den Nährstoffkörperchen an. Es kann aber auch die gleiche Erscheinung an den Ektodermzellen der Larven auftreten (*Helix*, Fol). In den Entodermzellen der Reptilien und Vögel tritt eine ganz gleiche Erscheinung auf (Originalbeobachtung). Solche, bei der Weiterentwicklung bald wieder verbrauchte Ablagerungen hat man mit dem Namen Deutolecith belegt (Fol).

Ablagerung von Amylum, Paramylum und Amyloïdstoffen. Das wirkliche Amylum der Pflanzen scheint, soweit bisher bekannt wurde, in der

tierischen Zelle nur bei einzelnen Flagellaten zu entstehen, und zwar sowohl bei grüngefärbten (*Cryptomonas*) als bei ungefärbten (*Chilomonas*, *Polystoma* u. s. w.). Dafür bieten aber andere Flagellaten, die Euglenoidinen nämlich, rundliche, stäbchen-, scheiben- oder ringförmige Körperchen, welche eine konzentrische Schichtung (Klebs), doppelte Lichtbrechung und sonstige Ähnlichkeiten mit dem Amylum bieten, von demselben aber durch die chemischen Reaktionen gänzlich abweichen. Man nennt diesen Stoff Paramylum (Gottlieb). Die Sarkode der Gregarinen wird durch eine Menge kleiner rundlich-ovaler Körperchen verdunkelt, welche eigentümliche, eine Verwandtschaft mit Amylum und mit Glykogen bezeugende chemische Reaktionen besitzen. Man kann diesen Stoff als Paraglykogen bezeichnen (Bütschli). Eine andere Substanz erfüllt in dichten Massen die Gewebe der höheren Tiere und des Menschen in pathologischen Fällen, bei sogen. Amyloïdentartung. Dieser Amyloïdstoff scheint Stickstoff zu enthalten und weicht somit von den amylumartigen wesentlich ab.

Ob die von Carter im Eie mariner Schwämme (*Suberites domuncula, Isodictya simulans, Halisarca lobularis*, u. a.) aufgefundenen Körperchen, die er als echtes Amylum in Anspruch nimmt, wirklich solches sind, bleibt fraglich. Das Amylum und Paramylum kommt bei Flagellaten meistens als Auflagerung an bestimmte Sarkodeteile vor, welche eine besondere Lichtbrechung und Affinität zu den Färbungsmitteln zeigen und als Pyrenoïde bezeichnet werden. Diese Pyrenoïde liegen in den Chlorophyllherden, kommen aber auch bei farblosen Arten vor. Die Amylumkörner nehmen bei der Berührung mit einer Jodlösung (S. 150) sofort eine dunkelblaue Farbe an, das Amyloid einen braunen, erst bei Schwefelsäurezusatz in das Violette oder Blaue übergehenden Ton, das Paramylum dagegen bleibt in den Jodlösungen ganz ungefärbt und löst sich in Schwefelsäure oder alkalischen Lösungen nur langsam auf. Das Paraglykogen der Gregarinen färbt sich ebenfalls braunrot mit Jod, allein Schwefelsäure greift diesen Stoff an und die Färbung verschwindet. Längeres Kochen in verdünnter Schwefelsäure führt ihn in Zucker um. In heißem Wasser löst er sich und die Lösung enthält kein Eiweiß (Bütschli).

Die Ablagerung von Glykogen ist eine so weitverbreitete Erscheinung in tierischen Geweben, daß man fast glauben möchte, daß alle tierischen Zellen unter Umständen diese Fähigkeit besitzen. Zum Nachweis des Glykogens müssen die Gewebe mit absolutem Alkohol möglichst schnell fixiert und gleich mit der Jodlösung behandelt werden, um die charakteristische rotviolette Farbe zu erhalten; in wässerigen Fixierungsmitteln löst sich das Glykogen auf, in nicht fixierten Geweben läuft es in größeren Tröpfchen zusammen. In der Leber, den Darmepithelien, den Darmdrüsen, durchtränkt regelmäßig das Glykogen die Zellenleiber reichlich. Im Muskel ist es gleichfalls vorhanden, wenigstens im Ruhezustande, verschwindet aber schnell bei anhaltender Arbeit. In den übrigen Drüsen und Epithelien, im Bindegewebe etc. ist das Glykogen keine regelmäßige Erscheinung. Eigentlich bildet das Glykogen gewissermaßen einen Übergang zwischen den abgelagerten Stoffen und den Nährstoffen, welche die Zelle bloß passieren, um an dem allgemeinen Umsatz teilzunehmen.

Ehe wir zu den mechanisch nützlichen Ablagerungen (Skelet) übergehen, müssen wir eine Reihe verschiedenartiger Absonderungen besprechen, welche durch ihre optischen Eigenschaften dem Gesammtorganismus nützlich sind.

Glänzende Plättchen von krystallinischer Gestalt erfüllen die Bindegewebszellen gewisser Membranen und erteilen ihnen ein silberglänzendes, fast spiegelartiges Aussehen. Dieses Aussehen kann aber auch auf anderem Wege durch eine sehr feine und scharf gezeichnete Faserung der Intercellularsubstanz des Bindegewebes hervorgebracht sein, wie im Abschnitte über Intercellularsubstanzen des Weiteren auseinandergesetzt wird. Hier soll nur von denjenigen schillernden Häuten die Rede sein, welche diese Eigenschaft einer dichten Ansammlung zahlloser Kryställchen innerhalb der Zellen verdanken, und in der Cutis der Fische, an der Innen- und Außenfläche der Augenkapsel vieler Wirbellosen, sowie an der Umhüllung des Eingeweidesackes pelagischer Weichtiere vorkommen. Nadelförmige Krystalle sind die allgemeine Regel, die längliche Plättchenform kommt aber auch zuweilen vor (z. B. die Argentea des Auges von *Squatina angelus*. Berger). Der Zellenkern wird manchmal noch vorgefunden, ist aber in den meisten Zellen entweder verdeckt oder atrophiert. Sind die Plättchen so zahlreich, daß sie sich zu einer irisierenden Platte verbinden (Iris und Tapetum von *Luvarus imperialis*, Krukenberg), so findet sich kein Zellkern mehr. Der silberglänzende Krystallbrei in der Fischcutis besteht aus Guaninkalk (Voit).

Pigment-Ablagerungen bestehen aus feinkörnigen, intensiv farbigen Stoffen, welche in der Zellensarkode suspendiert erscheinen und sich beim ersten Blicke von den diffus verteilten Farbstoffen, sowie von den in Kügelchen oder Massen geballten farbigen Fetten unterscheiden. In chemischer Beziehung sind nur einzelne von den Pigmenten etwas näher bekannt, diejenigen nämlich, welche in Alkohol oder ähnlichen Lösungsmitteln farbige Lösungen abgeben, z. B. das Zoonerythrin aus der Schwanzflosse eines Knochenfisches (*Luvarus imperialis*, Krukenberg), den Federn vieler Vögel, den »Rosen« der Auer- und Birkhähne (Bogdanow) u. s. w. Das Zoorubin aus den Federn von *Cincinnuris regius*, das Ararot, das Antedonin, Haplocanthin, Pentacrinin (Moseley) aus der Lederhaut mancher Echinodermen, das Carotin und viele andere Pigmente zeigen ein ähnliches Verhalten. In Alkohol löslich ist ebenfalls das dunkelbraune Pigment in der Retina des Cephalopodenauges, des Auges von *Hyperia galba*, von Alciope und der Seesterne, in den Pigmentzellen von Mysis u. s. w.

Die meisten Pigmente bleiben jedoch in allen gewöhnlichen Lösungsmitteln unbehelligt und können nur durch ziemlich starke Mineralsäuren unter Veränderung ihrer chemischen Konstitution aufgelöst werden. Es gehören hierher die körnigen Pigmente der Wirbeltierhaut, der Augen bei Arthropoden und Wirbeltieren, und viele Hautpigmente bei Echinodermen, Mollusken, Würmern u. s. w. Einzelne derselben widerstehen sogar der Salpetersäure, z. B. gewisse Pigmente am Arthropodenauge

(Palaemon). Daß es sich nicht um einen einheitlichen Stoff handeln kann, geht schon aus der großen Verschiedenheit des Farbentones solcher körnigen Einlagerungen hervor. Bei vielen Arthropoden kommen in einem Auge zwei verschiedenfarbige Pigmente vor (Fliegen u. a. . Chemisch sind diese Körper noch ziemlich unbekannt und werden schlechtweg als Melanine ihrer negativen Eigenschaften wegen zusammengeworfen.

Viele Pigmentzellen sind sternförmig oder verzweigt und beweglich. Andere nehmen nur passiv die Sternform an, indem besondere Muskelfasern sich an sie ansetzen, und kehren von selbst stets zur abgerundeten Form zurück (Chromatophoren der Cephalopoden). Bei keiner wurde nach Anwendung geeigneter Mittel ein Kern vermißt.

Um diejenigen Pigmente, welche in Alkohol unlöslich sind, behufs histologischer Untersuchung der Pigmentzellen aus den Präparaten zu entfernen, kann man die durch Alkohol fixierten Gewebe mit verdünnter Salpetersäure behandeln. Grenacher verfährt für Arthropodenaugen folgendermaßen: Die Schnitte werden in Glycerin aufgestellt, dem man ein kleines Tröpfchen Salpetersäure zusetzt. Nach etwa 12 Stunden ist das Pigment gelöst und häuft sich teilweise am Rande des Präparates, teilweise in den Zellkernen an. Dabei bleiben freilich gewisse Pigmentsorten unberührt. Die Anwendung des Chlors ist für diesen Zweck nicht empfehlenswert.

Stark lichtbrechende Körperchen, aus einer chemisch noch nicht bestimmten Substanz bestehend, welche in Alkohol schrumpft und ihren Glanz teilweise verliert, findet man in den Retinazellen mancher Arthropoden (Epeira, Phalangium, Tipula, Ctenophora, Grenacher) abgelagert. Bei genannten Gattungen zeigen diese Gebilde eine konstante und sehr regelmäßige Zapfen- oder Walzenform. Bei anderen Arthropoden erzeugen die gleichen Retinazellen derartige Bildungen an ihren anstoßenden Flächen (somit intercellularähnliche Bildungen). Die Zapfen der Euconen (zusammengesetzte Augen der Arthropoden) sind im ausgebildeten Zustande stets zwischen den Zapfenzellen gelegen; ihre erste Entstehung bei der Puppe (*Vanessa Io*, Claparède) findet aber in Gestalt kleiner getrennter Körperchen innerhalb der einzelnen Zellen statt.

Innere Skeletbildungen. Unter diesem Namen fassen wir diejenigen Ablagerungen zusammen, welche der Zelle resp. dem Tiere als Stützorgan oder als Verteidigungswaffe dienen. Diese beiden Funktionen sind in den meisten Fällen innig miteinander verbunden und gehen nur bei höher organisierten Wesen teilweise auseinander. Es lassen sich nun sämtliche Skeletbildungen in zwei große Kategorien einteilen, je nachdem dieselben im Inneren der Zellenelemente entstehen oder aber an deren Oberfläche ausgeschieden werden. Es findet nur die erste Kategorie an dieser Stelle ihre Besprechung, während die zweite erst bei den Membranbildungen und Intercellularausscheidungen ihren Platz findet.

Diese inneren Stützorgane bestehen aus den verschiedenartigsten festen Stoffen, welche eine Zelle überhaupt ausscheiden kann. Die einen werden einzig und allein aus organischen Stoffen aufgebaut,

während bei den anderen sich mineralische Bestandteile in dem zuweilen sehr spärlichen organischen Substrat ablagern.

Ablagerung von Stäbchenbildungen. Bei einer Anzahl verschiedener Tiere enthält die äußere Bedeckung eine Menge stäbchen-, nadel- oder keulenförmiger Körperchen, die sogenannten Rhabditen. Bisher sind solche bei fast allen Turbellarien, sowie bei einzelnen Anneliden (Spio, Claparède) bekannt. Bei vielen Infusorien enthält das Ektoplasma besondere stäbchenförmige Bildungen, welche aber wenigstens zum Teil nicht hierher gehören, da sie bei der Entladung eine ganz andere Gestalt annehmen. Diese sogenannten Trichocysten finden später mit den Nesselkapseln zusammen ihre Besprechung. Die Rhabditen entstehen in gewissen Zellen des Ektoderms, welche entweder in der Ektodermschicht liegen bleiben, oder aber flaschenförmig bis tief in das unterliegende Mesoderm hineinragen (Rhabdocoeliden und Tricladen).

Was nun die eigentlichen Rhabditen betrifft, so kommen die einfachsten Formen derselben bei Turbellarien vor. Einen Übergang zu den Schleimkügelchen, wie solche in den schleimabsondernden Zellen aufgespeichert liegen, bilden die sogenannten Pseudorhabditiden (Graff), wie sie den Gattungen Plagiostoma, Cylindrostoma, Stylochus etc. zukommen, höckerige unebene Stäbchen, welche nach der Austreibung der Hautoberfläche noch anhaften und sich auch sonst ähnlich wie zusammengebackene Schleimkügelchen verhalten. Durch regelmäßige Gestalt, glatte Oberfläche und stärkeres Lichtbrechungsvermögen zeichnen sich die eigentlichen Rhabditen vor diesen rhabditenartigen Bildungen aus. Ihre Länge schwankt zwischen 4 und 40 μ, jedoch so, daß jede Species eine Stäbchenart von ziemlich konstanter Größe besitzt. Bei einzelnen Rhabdocoelen kann die Oberhaut eines Tieres 2—3 verschiedene Stäbchenarten enthalten, welche ohne Übergänge schroff von einander abweichen. Eine seltene Ausnahme sind diejenigen Species, welche Stäbchen von allen Größen durcheinander aufweisen (*Proxenetes gracilis* und *Pseudorhynchus bifidus*, Graff).

Über die chemische Zusammensetzung der Rhabditen ist ebensowenig etwas bekannt wie über deren Funktion. Denn daß es sich um Hilfsapparate eines Sinnes handle, wird man wohl schwerlich so ohne weiteres als bewiesen annehmen.

Innere Skeletbildungen aus organischer Substanz kann man als die ursprüngliche Form endocellulärer Skeletteile betrachten, weil ja anorganische Hartgebilde an solchem Orte stets durch ein organisches Substrat angelegt werden. Der angeblich aus Vitellin (Brandt) bestehenden Achsenfäden beständiger Pseudopodien bei den Heliozoen wurde oben schon gedacht. Es entsteht ein jeder Faden zunächst als äußerst feine Nadel in der Achse und zwar an der Basis einer Pseudopodie und erstreckt sich alsdann nach beiden Richtungen hin, indem er sich gleichzeitig durch Anlagerung verdickt. Die Achsenfäden können centralwärts mit der Oberfläche eines centralgelegenen Kernes sich verbinden

(Actinophrys) oder gar miteinander in der Mitte des Tieres zusammentreffen (Acanthocystis, Rhaphidiophrys, Actinolophus), wobei der Kern seitlich verschoben erscheint. Aus dem gleichen Stoffe sollen auch die Skeletteile der Acanthometreen unter den Radiolarien bestehen und wäre somit das sogenannte Acanthin weiter nichts als Vitellin (Brandt). Dieselben stellen durchaus solide, ursprünglich unabhängige, glatte oder kantige Nadeln dar, welche im Centrum zusammenstoßen und nach mathematisch gesetzmäßigen Winkeln gestellt sind. Nachträglich können die Stacheln mit einander verschmelzen und durch gitterförmige Querbalken sich verbinden.

Bei den Spongien soll der Achsenteil der aus Spongin bestehenden Fasern, sowie die hauptsächlich aus organischer Substanz gebildete Achse der Kiesel- und vielleicht auch der Kalkskeletteile innerhalb der Mesodermzellen entstehen können (Spongilla, nach Lieberkühn u. Carter). Da aber das weitere Wachstum dieser Skeletgebilde ganz ohne Zweifel durch Ausscheidung von Seiten der sie umgebenden Gewebe geschieht, so reichen die spärlichen Beobachtungen über diesen Punkt nicht hin, um die intracelluläre Entstehung sicher zu stellen. Anders steht es mit den bei einigen Hornspongien (hauptsächlich *Hircinia*) vorkommenden feinen Fäden, welche in starken Bündeln den zwischen den Skeletbalken befindlichen Weichkörper durchziehen und ihm eine unzerreißbare Beschaffenheit verleihen. Jeder Faden kann 20 mm und mehr Länge erreichen und endet beiderseits in einer knopfförmigen Anschwellung. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, daß er innerhalb spindelförmiger Mesodermzellen entsteht und zwar wahrscheinlich auf Kosten einer langen Reihe von Zellen (Fol 1890). In chemischer Hinsicht unterscheiden sich die Fasern der Filiferenschwämme vom Hornskelete dieser Tiere durch fast unbegrenzte Resistenz gegen Säuren und Alkalien.

Die vorliegenden Angaben über die ersten Anfänge der Entstehung der Borsten bei den Anneliden reichen nicht aus, um die Frage zu entscheiden, ob diese Bildungen innerhalb oder auf der Oberfläche der Zellen des Follikels ihren Ursprung nehmen. Es gehören diese anfangs allseitig geschlossenen Follikel anscheinend dem Mesoderme (Hatschek) an, könnten aber doch ursprünglich aus dem Ektoderme abstammen (Spengel, Rietsch). Bei *Bonellia minor* und *Thalassema gigas* soll jede Borste aus einer einzigen, an der Basis des Follikels gelegenen Zelle entstehen, welche mit dem Wachstum der Borste auch riesige Dimensionen annimmt (Rietsch, Vejdovský). Die Wandung des Follikels ist zwar geschlossen, wird aber von den wachsenden Borsten durchstochen. Was auch ihre erste Entstehung gewesen sein möge, so besteht kein Zweifel, daß die Borsten von diesem Stadium ab außerhalb der Follikelzellen liegen und durch Ausscheidung derselben weiter wachsen. Überhaupt besitzen alle Skeletbildungen der höheren Tiere von den Echinodermen ab einen intercellulären Ursprung, und dürften in die intracellulären nur noch die Horngebilde der Wirbeltiere eingereiht werden.

Die Epidermis der Wirbeltiere besteht bekanntlich aus am Rande gezackten Zellen, welche derart zusammengefügt sind, daß die Spitzen der Zacken aufeinanderstoßen und die Zellen durch Reihen von kleinen Lücken getrennt sind. Innerhalb der verhornten Zellen in den oberflächlichsten Schichten der Epidermis höherer Wirbeltiere entstehen nun bündelweise fadenförmige Differenzierungen (Ranvier), welche aus Hornsubstanz zu bestehen scheinen. In jedem Bündel sind die Fäden untereinander ziemlich parallel und es erstreckt sich jedes Bündel am Kerne vorbei von den Zacken des einen Randes bis zu denen des entgegengesetzten Randes der Zelle. An denjenigen Stellen nun, wo die wirklichen Horngebilde entstehen, an der Basis der Hufe oder der Hörner der Antilopiden u. a., sieht man deutlich, daß die Faserstränge durch die Verbindungsbrücken benachbarter Zellen hindurch gehen, sodaß ein einzelner Faden oft durch eine lange Reihe von Zellen verfolgt werden kann (Renaut).

Das Gerüstzellgewebe oder Netzzellgewebe besteht aus sternförmigen anastomosierenden Zellen, welche, durch endocelluläre Fasern verstärkt und miteinander fest verbunden, ein Netz bilden, welches dazu bestimmt ist, weichere, in den Maschen enthaltene Zellen zusammenzuhalten. Vom Bindegewebe unterscheidet sich das Gerüstzellengewebe dadurch, daß beim ersteren die Stützfasern in der Intercellularsubstanz, beim letzteren als Differenzierungen innerhalb des Zellenplasmas entstehen. Die Anwesenheit einer mehr oder weniger stark ausgebildeten Intercellularsubstanz kommt bei der Definition des Gerüstzellengewebes nicht in Betracht, vorausgesetzt nämlich, daß die Stützfasern nicht in jener Substanz, sondern innerhalb der Zellen liegen. Es tritt solches Gewebe im Centralnervensystem der Wirbeltiere und Mollusken als Neuroglia auf. Eine andere Art des Gerüstgewebes findet man in den Lymphdrüsen der Wirbeltiere, wo es die lockeren Lymphdrüsenzellen zusammenhält, eine dritte Art bei Mollusken, wo es fälschlich als Bindegewebe beschrieben wurde.

Die Neuroglia besteht aus Zellen, welche gleichen Ursprung haben wie die Nervenzellen, sie gehen also aus einem Teil der Elemente eines eingestülpten Ektodermgebietes hervor. In der endocellulären Differenzierung von Keratinfasern stimmen sie ja auch mit den Epidermiszellen überein, welche, wie oben auseinandergesetzt wurde, streng genommen wie ein kompaktes Gerüstgewebe aufgefaßt werden können. In chemischer Hinsicht weicht die Neuroglia von der Hornsubstanz der Epidermis durch größere Resistenz ab und wird als besondere Unterart: das *Neurokeratin* von ihr unterschieden. Die Neurogliazellen und ihre Schwesterzellen der nervösen Centralorgane sind so verschieden, daß man ihnen nicht gleichen Ursprung zumuten würde. Erstere haben keine leitende Funktion zu erfüllen, letztere haben nicht das Vermögen, Neurokeratinfasern abzusondern. Wird der Begriff eines Neurogliagewebes in dieser Weise streng definiert, so entsteht die Frage, ob ein solches Gewebe

denn überhaupt existiert. Einige Forscher verneinen es, indem sie auch den Neurogliazellen eine nervöse Funktion zuschreiben (Henle, Meckel u. a.). Neuere Forschungen dürften jedoch die Frage in positivem Sinne ziemlich endgiltig entschieden haben.

Um Verwechslungen zu vermeiden, müssen wir gleich betonen, daß auch echtes Bindegewebe in das Innere der nervösen Centralorgane mit den Blutgefäßen eindringen kann. Es sollte vom theoretischen Standpunkte aus unschwer fallen, die keratinlosen Zellen mit intercellulären Collagenfasern von den Neurogliazellen zu unterscheiden. In praktischer Hinsicht dürfte jedoch diese Aufgabe ihre Schwierigkeiten haben, insbesondere an den Stellen, wo die Pia mater mit der Oberfläche des Rückenmarkes und des Gehirns verwachsen ist und zahlreiche Blutgefäße in die nervöse Substanz entsendet. Würde man einerseits zu weit gehen, alle Stützgewebe des Gehirnes mit Ausnahme der Gefäßwandungen für Neuroglia zu erklären (Gierke), so können wir noch weniger dem entgegengesetzten Vorgehen huldigen, welches sämmtliche Stützzellen mit den Blutgefäßen einwandern läßt (His). Letztere, jedenfalls nicht thatsächlich begründete Ansicht hängt mit jener durchaus verfehlten Parablasttheorie desselben Verfassers zusammen, einer Theorie, welche nur aus vollständiger Unkenntnis der vergleichenden histologischen Embryologie entspringen konnte.

Als Grundsubstanz des Centralnervensystems wird eine homogene Ausfüllungsmasse von gallertiger Beschaffenheit beschrieben, welche nach der Gerinnung durch fixierende Reagentien äußerst feinkörnig erscheint. Diese elastische Masse füllt alle Interstitien zwischen den nervösen Elementen und Fasern des Centralnervensystems, sowie auch zwischen den Elementen der Netzhaut aus; an letztgenanntem Orte namentlich haben solche Ausfüllungen mit Grundsubstanz nach deren Gerinnung durch Osmium- oder Chromsäure vielfach als besondere Gewebselemente imponiert. Die Neurogliazellen mit ihren Ausläufern liegen in ihr eingebettet; wäre dieses nicht der Fall, so könnten niemals diese Zellen mit ihrem kleinen Zellkörper und fast unmeßbar feinen Neurokeratinfädchen als Isolierungsmoment zwischen den nervösen Zellen eine Rolle spielen. Über den Ursprung dieser Grundsubstanz herrscht vollkommene Dunkelheit. Erwägt man aber, daß ihre Ausdehnung weit größer ist als diejenige des Neurogliagewebes, so muß man der Annahme, daß sie ein Absonderungsprodukt der Nervenzellen sei, vor der Hypothese, daß sie aus der Neuroglia stamme, größere Wahrscheinlichkeit einräumen.

Spinnenzellen hat man die Zellen der Neuroglia wegen ihrer an eine Afterspinne erinnernden Gestalt genannt (Fig. 178 *A*). Der kleine, meistens rundliche Leib läuft in zahlreiche feine und verhältnismäßig sehr lange, wenig verästelte Fäden aus. Wichtig ist die Beobachtung, daß größere Neurokeratinfäden an ihrer Abgangsstelle aus der Zelle wenigstens im Jugendzustande von Protoplasmahüllen hemdärmelförmig

umgeben sind (Ranvier). Der Zellenkörper kann noch mit einem färbbaren Kerne versehen sein, oder der Kern ist degeneriert und nur noch Überreste desselben vorhanden, oder aber er ist ganz und gar in der verhornten Zelle aufgegangen. Diese Unterschiede hängen mit der Örtlichkeit und dem Alter der betreffenden Zellen zusammen. Die fadenförmigen Ausläufer und der verhornte Leib älterer Zellen sind stark lichtbrechend, gegen Trypsinverdauung resistent und scheinen die einzige Lagerungsstätte des durch gröbere chemische Prozeduren aus Hirnteilen gewonnenen Neurokeratins zu sein. Die dünnen Ausläufer benachbarter Zellen können sich miteinander verbinden und ein Netz

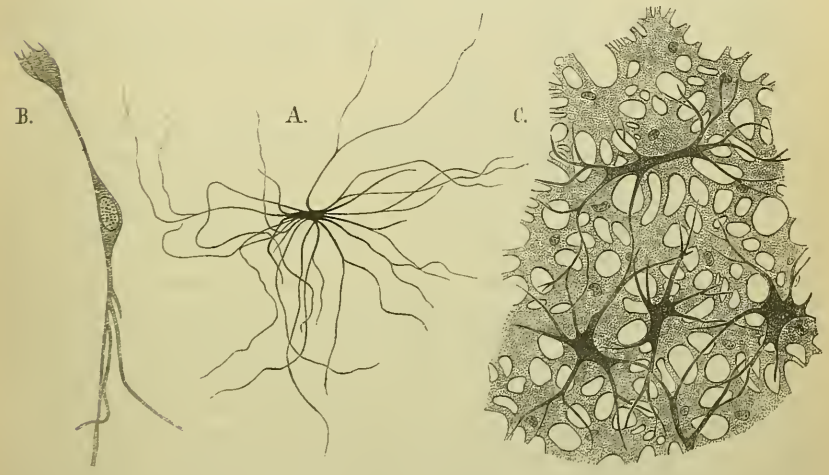


Fig. 178. Gerüstgewebe des Centralnervensystems (Neuroglia). *A* spinnenförmige Neurogliazelle aus dem Boden des vierten Ventrikels vom Menschen, nach H. Gierke. *B* radiäre Stützzelle aus der Retina von *Acanthias vulgaris*. *C* mittlere und innere horizontale Stützzellenlage aus der Retina von *Pleuronectes platessa*, Schüttelpräparate nach P. Schieffердecker.

herstellen, welches sich nach allen Richtungen erstreckt, zwischen den Nervenfasern hindurchläuft und dieselben innig verbindet. In der Umgebung der Ganglienzellen finden sich etwas zahlreichere Neurogliazellen, deren Ausläufer um die Zelle gewissermaßen einen Korb bilden und dieselbe vermöge anderer, in verschiedenen Richtungen abgehender Fäden befestigen. Die Größenverhältnisse des Neurokeratinfasernetzes den Ganglienzellen und Nervenfasern gegenüber lassen sich am besten durch den Vergleich mit einer menschlichen Hand versinnlichen, die man mitsammt den Fingern in ein Spinnengewebe wickelt. Sind die nervösen Elemente wenigstens stellenweise isoliert, so tragen die zarten Neurogliafädchen nur insofern dazu bei, als sie eine Stütze für die weichere

Grundsubstanz abgeben. Will man die Grundmasse zur Neuroglia rechnen, ein recht bedenkliches Vorgehen, so würden die Neurogliazellen in ganz anderer Gestalt, als dünne, gewundene Platten resultieren, mit flügelförmigen Ausläufern, worin der Zellenleib und die von ihm ausgehenden Fibrillen eingebettet wären. Solche mehr schuppenförmige Neurogliazellen mit platten Flügeln, deren eingeschnittene Ränder in Fibrillen auslaufen, findet man in der That im Centralnervensystem der Mollusken (*Dentalium*, Fol), und ähnliche Zellen sind auch an der Großhirnoberfläche der Säugetiere aufgefunden worden (Gierke). Die schönsten flachsternförmigen Neurogliazellen sind aber diejenigen, welche in der Retina eine doppelte horizontale Lage zwischen der inneren Körnerschicht und der äußeren granulierten Schicht bilden (Fig. 178 *C*). Eine dritte Lage kernloser Stützzellen ist zwar beschrieben worden, hat aber ihre histogenetische Erklärung nicht gefunden. Die Retina enthält außerdem radiale Stützfasern (Fig. 178 *B*), welche bis zur *Membrana limitans externa* reichen.

Ihre höchste Ausbildung findet die Neuroglia bei Wirbeltieren unter den niederen Formen, bei Fischen, namentlich beim Selachiergehirne, wo mächtige Bündel des Stützgewebes das ganze Organ durchmessen. Im Rückenmark und Gehirn des Frosches entsenden die den Centralkanal und die Ventrikel auskleidenden Epithelzellen lange Ausläufer durch die ganze Dicke des Organes und fast bis zu dessen äußerer Oberfläche. Es nehmen überhaupt die innere und äußere Epithelbedeckung der Centralorgane einen wichtigen Anteil an der Ausbildung der Neuroglia. Auch beim Menschen und bei den höheren Wirbeltieren herrscht um den Centralkanal des Rückenmarkes herum eine als Stilling'sche Gallerte bekannte Substanz, welche einzig aus Neurogliazellen und Intercellulargallerte besteht. In den Clarke'schen Säulen und der Rolando'schen Substanz des Rückenmarkes, im Obex und in der Ala cinerea ist die Neuroglia auffallend stark vertreten. An der äußeren Fläche sind stellenweise Faserzüge bemerkbar, welche sich in das Innere erstrecken. An solchen Stellen liegen an der Oberfläche keilförmige Neurogliazellen gruppenweise beisammen und senden von den nach einwärts gerichteten Spitzen je einen starken Ausläufer, welcher weiterhin zahlreiche Äste abgiebt. An der äußeren Fläche des Gehirns findet man ferner eine Lage schuppenförmiger Neurogliazellen mit gezacktem Rande und senkrecht in die Tiefe abgehenden Ausläufern. Sonst finden sich die Spinnenzellen ziemlich gleichmäßig in allen Hirn- und Rückenmarksgebieten verteilt und bieten, was Größe, Gestalt und Anordnung betrifft, nur unwesentliche Unterschiede.

Das Gerüstgewebe der Lymphknoten stammt nicht aus dem Ektoderme, sondern ist mesodermatischen Ursprunges. Daß kein Keratin in ihm vorkommt, kann man wohl a priori annehmen, bis dieses Gewebe einmal in chemischer Hinsicht geprüft sein wird. Die Zellen sind reichlich verästelt und anastomosieren miteinander zu einem Netze oder Wabenwerke, worin die Lymphzellen eingebettet liegen. Stellenweise kann man den Übergang dieses Gerüstes in gewöhnliches, mit Intercellularsubstanz ausgestattetes Bindegewebe beobachten.

Das Gerüstgewebe bei Weichtieren scheint, stellenweise wenigstens, die Rolle eines Bindegewebes zu übernehmen. Im Mantel der Kammkiemer, in den Umhüllungshäuten des Darmes und der Darmdrüsen, in der Leibeshöhlenwandung der Opisthobranchier finden sich lange Fibrillen-

bündel, die man beim ersten Anblick mit fibrillärem Bindegewebe verwechseln könnte; ein genaueres Zusehen lehrt aber, daß die Fibrillenbündel nicht zwischen den Zellen hindurch gehen, sondern von der einen Zelle geradeaus zur nächsten verlaufen und vor deren Kern ihr Ende nehmen (Fig. 179 *fb*). Es handelt sich aber nicht um eine Intercellularbildung, sondern um ein direktes Umsetzungsprodukt der Zellenfortsätze, wodurch dieselben miteinander anastomosieren. Die weiche homogene Gallertsubstanz, worin die Fibrillen und ihre Zellen eingebettet sind, kann man in Zusammenhang bringen mit körnigen, reich verästelten, fibrillenlosen Zellen Fig 179 *Sz*), welche in den Intervallen zwischen ersteren vorkommen.

Fig. 179. Gerüstgewebe von der Oberfläche der Leibeshöhle von *Aplysia punctata*. *gz* eine Gerüstzelle; *fb* Fibrillenbündel derselben; *Sz* sternförmige Gallertgewebszelle, der Klarheit wegen etwas vereinfacht, nach Brock.

Innere Membranbildungen, abgesehen von den bereits besprochenen Kernmembranen, kommen innerhalb der Zellensarkode vielfach vor. Manche Zelleneinschlüsse, wie Öltropfen und dergl., sind mit einer verdichteten Schicht umgeben, welche vom Protoplasma der Zelle abgegeben wird, deren chemische Natur aber wegen ihrer außerordentlichen Dünnheit sich unseren Forschungsmitteln entzieht. Solche Hüllschichten sind in alkalischen Flüssigkeiten löslich. Die sogenannte Centralkapsel der Radiolarien kann hierher gerechnet werden, solange nicht der Beweis erbracht ist, daß diese Kapsel im Jugendzustande an der äußeren Fläche des Tierchens entsteht und daß sie mit der Schale der Polythalamien zu homologisieren sei.

Mit Ausnahme einiger Acanthometreen und Sphärozoen findet man bei allen Radiolarien eine Centralkapselmembran als einfache oder doppelte, aus einem chitinartigen Stoffe bestehende Scheidewand, welche das innere Plasma von dem äußeren trennt. Die Verbindung beider Körperteile geschieht bei den Peripylarien vermittelst einer Anzahl feiner Porenöffnungen, welche auf der ganzen Oberfläche der Membran gleichmäßig verteilt zu sein scheinen, soweit man dieselben nämlich sehen kann; denn nur bei einigen Colliden und Sphärozoen ist die Membran so dick, daß man die Kanälchen deutlich wahrnimmt. Bei Monopylarien besitzt die Kapsel nur eine einzige Öffnung, in welcher eigentümliche Stäbchen eingelagert sind, welche möglicherweise auch noch der Kapsel-

wandung angehören. Im Umkreis der Porenöffnung kann die Centralkapsel vier, seltener drei oder aber mehr Aussackungen bilden (eine Anzahl Cyrtideen). Bei Phäodarien endlich wird die eigentliche Kapselwand inwendig von einer zweiten, dünneren Membran bekleidet, und bietet drei ungleichartige Öffnungen, deren eine, größere, brustwarzenförmig, die beiden kleineren dagegen röhrenförmig sind (Hertwig); es soll übrigens auch unter den Phäodarien Formen geben, welche weniger oder mehr als drei Öffnungen besitzen.

Zu den inneren Membranbildungen möchten wir ferner alle jene eigentümlichen und im Tierreiche weit verbreiteten endocellulären Bildungen rechnen, die man mit den Namen Trichocysten, Sagittocysten, Nesselkapseln, Nematocysten (Knida, Lasso-cells) bezeichnet. Durch die einfacheren Trichocysten schließt sich die Reihe an die früher besprochenen Rhabditen an, während der höchste Grad der Ausbildung in gewissen Nematocysten gipfelt.

Trichocysten findet man bei bewimperten Infusorien, wo sie bei sehr verschiedenen Gattungen auftreten. Bisher wurden derartige Bildungen bei *Paramaecium*, *Bursaria*, *Ophryoglena*, *Pleuronema*, *Nassula*, *Cyclogramma*, *Urocentrum*, *Trachelius*, *Amphileptus* u. a. beobachtet (Stein), wobei freilich zu beachten ist, daß nicht bei allen citierten Formen der sichere Nachweis geführt ist, daß es sich um echte Trichocysten handelt. Es gilt die gleiche Bemerkung von einzelnen Flagellatengattungen, wo ähnliche Körperchen angetroffen wurden: *Merotricha* (Bütschli), *Chilomonas*, *Cryptomonas* (Künstler), *Polymastix* (Grassi). Während die Rhabditen beim Herausschnellen sehr annähernd die gleiche Länge und Beschaffenheit beibehalten, erreichen die Trichocysten im Momente der Entladung wenigstens die dreifache, bei einzelnen Infusorienarten sogar die sieben- bis achtfache Länge des im Ektoplasma ruhenden Stäbchens. Dabei erhalten dieselben sehr deutlich das Aussehen hohler, an beiden Enden mit einer Spitze abgeschlossener Röhren. Bei *Paramaecium putrinum* ist die eine Spitze, diejenige nämlich, die bei der Entladung nach außen liegt, etwas olivenförmig aufgebläht und durch eine leichte Einschnürung von der übrigen Röhre abgetrennt. Die innere Extremität dagegen endet mit einer regelmäßigen und feinen Spitze. Trotz angestrengter Untersuchung an feinen Querschnitten wollte es nicht gelingen, an der ruhenden Trichocyste den vermuteten Bau einer teilweise eingestülpten Röhre zu erkennen.

Die Nematocysten dagegen besitzen einen recht deutlichen und ziemlich gut aufgeklärten Bau. Dieselben bestehen aus einer allseitig abgeschlossenen Blase, deren Wandung von einer festen, allem Anscheine nach chitinartigen Membran gebildet wird, und an einer Stelle in eine feine, verhältnismäßig sehr lange (bis zur zwanzigfachen Länge der Blase), am freien Ende mit einer Spitze abgeschlossene Röhre ausläuft (Fig. 180 *D*). Im ruhenden Zustande befindet sich der Faden innerhalb der Blase eingestülpt und legt sich in mehr weniger zahlreichen Windungen

zusammen (Fig. 180 *C*). Bei der Entladung stülpt sich der hohle Faden mit einem Rucke aus und zwar so, daß seine frühere Außenseite jetzt das Lumen des Kanales begrenzt, die ursprüngliche Innenfläche dagegen nach Außen zu liegen kommt. Es findet diese Entladung nicht bei jeder Berührung statt, sondern bloß bei solchen, welche auf die Knidocilien oder das Nervensystem den geeigneten Reiz ausüben. Künstlich kann man

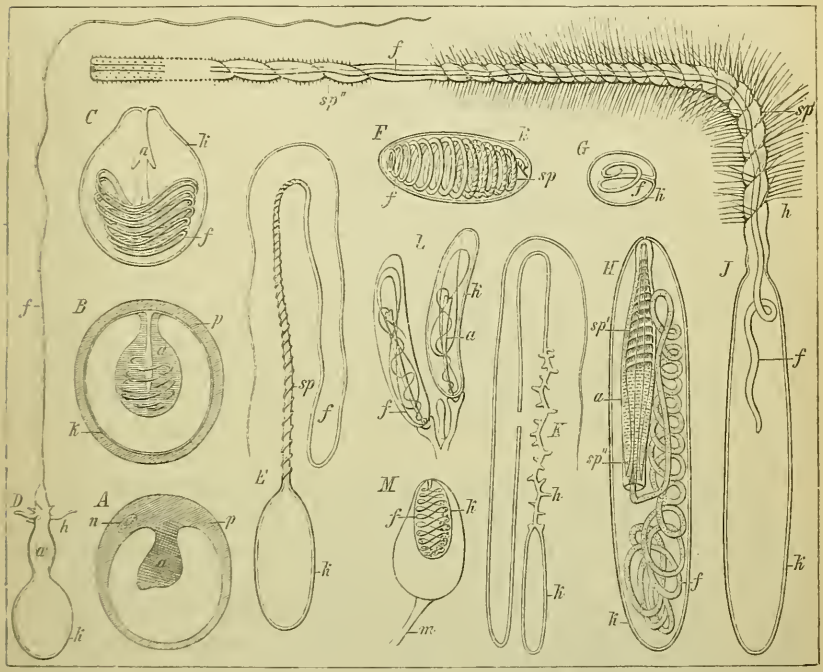


Fig. 180. Die verschiedenen Formen der Nesselkapseln. *A*, *B*, *C*, *D* die großen Nesselkapseln von *Hydra fusca*. *E*, *F* die mittlere Form derselben Tierart. *G* die kleinen Kapseln von demselben Tiere (Orig.). *H*, *J* Nesselkapseln aus der Mesenterialschnur (Entodermal) von *Caryophyllia Smithii*, nach Möbius. *K* Kapsel von *Eolis* sp., nach M. Bedot. *M* Kaspsel eines Siphonophore. *C*, *F*, *G* und *H* befinden sich im Ruhezustand, *D*, *E* und *K* sind entladen, *J* befindet sich im Momente der Ausstülpung des Fadens. *A* und *B* stellen zwei Entwickelungsstufen der Nesselkapsel von Hydra in der Bildungszelle dar. *k* die Kapselwandung, *a* der Achsenteil des Fadenapparates, *f* der Faden, *h* die Widerhaken an demselben, *sp* die Spirale am Basalteile des Fadens.

auch durch Chemikalien, namentlich durch Zusatz von 10prozentiger Essigsäure, den Faden mit Leichtigkeit austreiben.

Die Nematocysten zeigen nun mit Bezug auf die Beschaffenheit und die Art und Weise des Zusammenlegens des Fadens recht große Verschiedenheiten. Die höher ausgebildeten Formen zeigen stärkere Dimensionen und im Allgemeinen eine mehr längliche bis cylindrische Gestalt der Blase. Der Faden kann mit seitlichen Anhängen (Fig. 180 *J*) besetzt sein oder, was häufiger der Fall ist, eine Spiralleiste oder eine spiralig gewundene Furche darbieten. Es kommen ferner des öfteren feine

borstenförmige Anhänge vor und zwar meistens auf die Basis des Fadens beschränkt, entweder zahlreich nach einer Spirallinie eingepflanzt oder vereinzelt in kleinen Wirteln (Fig. 180 *K*). Im letzteren Falle können die Borsten röhrenartig hohl sein, wie z. B. die drei unteren Spitzen an der größeren Nematocystenart von Hydra (Fig. 180 *D*).

Der zusammengelegte Faden bildet entweder eine regelmäßige Schraube (Fig. 180 *F*) oder ist mehr wie ein Schiffstau zusammengerollt (Fig. 180 *C*). Der Anfangsteil des Fadens, welcher einen größeren Durchmesser besitzt wie der Endteil, kann Längsösen schlagen (Fig. 180 *L*), oder aber es zeigt sich dieses Fußstück dreifach ineinander gestülpt, wie es die Fig. 180 *H* versinnlichen mag; bei dieser Anordnung liegt eine kleine Abteilung des Fadens bereits innerhalb der Blase, so wie es nach der Entladung bleiben soll, und braucht sich nicht umzukehren; das Anfangs- und Endstück dagegen müssen sich umstülpen. In solchen Nesselkapseln hat der Faden an seiner Basis einen viel größeren Durchmesser wie am übrigen Teile. Sonst zeigen diese Röhren einen so gleichmäßigen Durchmesser, daß der Mechanismus der Ausstülpung nur unter der Annahme einer beträchtlichen Elastizität ihrer Wandung verständlich wird. Die ausgestülpte Röhre ist an ihrer Spitze stets geschlossen und könnte daher eine in ihr enthaltene giftige Flüssigkeit in die Wunde nur unter der Bedingung hineingelangen, daß die Spitze abbräche. Es liegen jedoch keine sicheren Beweise von der Existenz eines solchen Giftes vor.

Die Nematocysten entstehen innerhalb der Epithelzellen des Ektoderms, bisweilen aber auch des Entoderms (Actinozoen, *Velella*). Bei einzelligen Tieren sind echte Nematocysten bisher nur bei Sporozoen (den Sporen der Myxosporidien) bekannt. Die Entwickelung derselben konnte ich bei Hydra ziemlich genau verfolgen und feststellen, daß der Faden nicht etwa außerhalb der Kapsel entsteht, um sich nachträglich einzustülpen (Jickeli), sondern vielmehr innerhalb der Kapsel genau an der Stelle gebildet wird, wo er beim reifen unentladenen Nematocysten liegt. Es tritt zunächst innerhalb des Zellenplasmas eine vakuolenartige Höhlung auf, welche unter stetiger Vergrößerung bald an einer Stelle einen in die Höhle einspringenden Zapfen aus plasmatischer Substanz aufweist (Fig. 180 *A*). Indem nun der Zapfen kolbenförmig anschwillt, zeigt seine Anheftungsstelle eine Einschnürung, und nun läßt sich bereits eine blasenförmige Membran unterscheiden, die ich von der äußeren Wand der Vakuole herleiten möchte, und ein hohler Faden, welcher sich durch die Achse des kolbenförmigen Fortsatzes erstreckt. Erst später kann man in der Substanz des immer größer werdenden Kolbens die Windungen des Endteiles des Fadens unterscheiden. Es kann somit kein Zweifel darüber bestehen, daß die ganze Nematocyste als innere Absonderung des Zellenplasmas entsteht und daß die eigentümliche Gestalt der Membran durch die besondere Anordnung des secernierenden Plasmas präformiert ist.

Die Nematocysten entstehen einzeln oder zu mehreren innerhalb einer Epithelzelle und werden alsdann im reifen Zustande von einer Knidocilie überragt (s. S. 234), oder aber die Kapseln werden in der Epithelwandung besonderer taschenförmiger Einstülpungen des Epithels gebildet (*Velella*, Bedot, *Lucernaria* etc.) und sammeln sich im Hohlraume der Tasche, aus welcher sie vermutlich wie ein Sekret ruckweise entleert werden. Bei Siphonophoren (*Halistemma rubrum*, Korotneff) sind große Nematocysten beschrieben worden, welche nicht in einer Zelle, sondern in Taschen mit mehrzelligen Wänden liegen; dieser Befund bezieht sich jedoch nur auf die fertige Kapsel und liefert noch nicht den Beweis, daß die Nematocyste nicht endocellulär entstanden sei. In der Regel ist die Kapsel im Gewebe so gewendet, daß diejenige Extremität, aus welcher der Faden hervorschnellen soll, nach außen sieht. Bei einzelnen Siphonophoren (*Physophora*, *Hippopodius*, Korotneff) verhält es sich umgekehrt, sodaß zuerst die Blase und nachher der Faden herausgestoßen würde, wenn nicht schon zu Anfang der Entladung eine Umdrehung der Kapsel stattfände (Bedot). Manche, Nematocysten enthaltende Zellen zeigen eine längliche Gestalt und sind mit einer Faser versehen, welche einerseits bis zur Basalmembran des Epithels, andererseits bis zur Nematocyste reicht. In einzelnen Fällen wurde eine Querstreifung dieser Faser bemerkt; im Allgemeinen scheint dieselbe kontraktil, also muskulöser Natur zu sein, bisweilen jedoch mehr passiv, durch bloße Elastizität zu wirken.

Die Sagittocysten (Geddes) sind ungenügend erforschte Gebilde, bei denen man aber eine nahe Verwandtschaft mit den Nematocysten für ausgemacht halten kann. Die Kapselwand dieser Bildungen steht nicht in kontinuierlichem Verbande mit dem Faden, sondern dieser liegt frei in deren innerer Höhlung (*Planaria quadrioculata*, *Anonymus virilis*). Bei *Anonymus* scheint außer der Nadel noch ein spiralig aufgewundener Faden vorhanden zu sein. Bisher sind die Sagittocysten nur bei einzelnen Turbellarien bekannt; den oben genannten Bildungen dürfte sich vielleicht noch eine aus wurmförmigen, mit einer Nadel versehenen Cysten bestehende Form (*Hyporhynchus armatus*, Jensen) anreihen.

Die Spirocysten, die man früher mit den Nematocysten zusammenwarf, sind gegenwärtig als scharf unterscheidbare Gebilde anerkannt worden (Bedot). Der Faden ist bei ihnen nicht hohl, sondern solid und liegt in der Kapsel in regelmäßig spiraligen Windungen zusammengelegt, anstatt wie bei den Nematocysten einen Knäuel zu bilden. Es stülpt sich dieser Faden bei der Entladung selbstverständlich nicht um, sondern richtet sich einfach, wie eine losgelassene Spiralfeder, durch einen Riß an der äußeren Extremität der Kapsel auf. Letztere zeigt in vielen Fällen eine zapfenförmige Gestalt und sitzt im Epithel, sodaß die Basis nach außen gekehrt ist. Die Spirocysten treten namentlich bei Anthozoen mit Nematocysten zugleich auf und können sogar die letzteren an Zahl übertreffen; außerdem finden sie sich bei der Molluskengattung *Pleurophyllidia* (Bedot).

Die Lassozellen (Clark; Greifzellen, Chun) dürfen bei dieser Gelegenheit nicht unerwähnt bleiben, weil sie möglicherweise phylogenetisch mit den Nesselorganen zusammenhängen. Etwas bestimmtes wird sich hierüber erst dann aussagen lassen, wenn die Entwickelung und Morphologie der Lassozellen aufgeklärt sein wird. So viel steht fest, daß der spiralig aufgerollte Faden muskulöser Natur ist, daß man ihn also nicht mit einem Nesselfaden, sondern mit der an der Basis einer Nesselkapsel angehefteten Muskelfaser vergleichen kann.

Alle diese Haft- und Wehrorgane sind im Tierreiche sehr weit verbreitet. Mit Nematocysten sind fast alle Cölenteraten, eine Anzahl Würmer, einzelne Protozoen, Mollusken, sogar eine Tunicate und ein Wirbeltier bewaffnet. Die Lassozellen dagegen sind auf einige Rippenquallen, die Rhabditen und Trichocysten auf einige Protozoen, Turbellarien, Anneliden (*Spio*), die Spirocysten auf die Anthozoen beschränkt.

Äußere Membranbildungen wurden in den Kinderjahren der Histologie als der wesentlichste Teil der Zelle angesehen; diese falsche Vorstellung hat der Wissenschaft das Wort »Zelle« als Erbschaft aufgebürdet. Als man nämlich nach und nach zur Einsicht gelangte, daß der Inhalt der Zelle wesentlicher und konstanter sei wie die Hülle, ging der Name auf den Inhalt über.

Als nackt werden solche Zellen bezeichnet, deren Ektosark mit keiner erstarrten oder unlöslich gewordenen Außenschicht bedeckt ist. Streng genommen ereignet sich dieser Fall im Ganzen nur selten. Daß das Ektosark einer Amöbe bei bloßer Berührung mit dem Wasser seine Beschaffenheit verändern und schließlich zur Membran erstarren müßte, wenn es nicht durch die Plasmabewegungen beständig mit der übrigen Sarkode vermischt würde, wurde zwar behauptet, ist aber vorderhand eine bloße Hypothese. Als allgemeine Eigenschaft der Sarkode könnte ein solches Verhalten keineswegs gelten, denn es behalten ja die dünnsten Pseudopodien der Rhizopoden sogar nach längerer Berührung mit der Außenwelt stets ihre weiche und klebrige Beschaffenheit.

Die allermeisten Zellen sind nach außen durch eine Schicht begrenzt, welche eine andere und zwar eine festere Beschaffenheit besitzt wie die oberflächliche Lage des Protoplasmas. Nach außen zeigt diese Schicht stets eine scharfe Begrenzung; nach einwärts aber kann dieselbe entweder so allmählich in die darunterliegende Sarkode übergehen, daß keine innere Begrenzung wahrnehmbar ist, und wird dieselbe alsdann als einfach konturierte Membran bezeichnet; oder es tritt zwischen Membran und Zellenplasma am Querschnittsbild eine scharfe Linie auf, und man spricht dann von einer doppeltkonturierten Membran. Es könnte sich nun der Fall ereignen, daß eine nach beiden Flächen scharf abgesetzte Membran so dünn wäre, daß man auch mit den stärksten Vergrößerungen immer nur eine einfache Linie sähe; mit den jetzigen Objektivlinsen dürfte ein solches Vorkommen kaum wahrscheinlich sein; allein die Möglichkeit muß man doch zugeben und daher mit Bestimmtheit unter die einfach konturierten Membranen nur diejenigen stellen, welche zur Zellensubstanz einen allmählichen Übergang aufweisen.

Geschichtete Membranen sind, streng genommen, weiter nichts als

eine Anzahl aufeinander gelagerter und unvollständig getrennter, dünner Membranen. Dieselben entstehen, wenn eine andauernde Membranbildung Unterbrechungen oder temporäre Veränderungen erleidet. Als Cuticularbildungen bezeichnet man jene Membranen, welche scharf differenziert sind und an der freien Oberfläche einer Zelle liegen. Einzellige Wesen können somit ganz mit einer Cuticula bedeckt sein, die Gewebszellen der Metazoen dagegen nur an der freiliegenden Seite, also vornehmlich bei Epithelien an deren Oberfläche. Es treten alsdann die von benachbarten Zellen gebildeten Cuticulae gleich von vornherein in so innige Verbindung miteinander, daß sie alle zusammen nur eine einzige zusammenhängende Cuticula bilden, welche das ganze Epithel bedeckt.

In der chemischen Zusammensetzung zeigen die Zellmembranen, soweit man dieselben bisher untersucht hat, keine Übereinstimmung. Sie können den verschiedenartigsten Stoffgruppen angehören, wie z. B. den leimgebenden Substanzen, dem Hornstoffe, den seidenartigen Materien, dem Spongin, Conchiolin, Mucin u. s. w., ferner dem Chitin, den eiweißartigen, ja sogar den celluloseartigen Stoffen. Konsistenz und Beschaffenheit können darnach ebensowenig etwas Konstantes aufweisen. Nur die Entstehung aus der Zelle und zwar an der Oberfläche derselben ist es, welche eine Zellmembran charakterisiert.

Netzstrukturen und Porenkanäle. Die meisten Zellmembranen zeigen bei genauem Zusehen mit stärksten Vergrößerungen eine schraffierte oder netzartige Struktur, welche an die fadigen Differenzierungen des Protoplasmas erinnert und mit denselben bisweilen zusammenhängt, in der Regel jedoch ein viel dichteres Netz bildet. In solchen Fällen kann man mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, daß die Membran nicht durch bloße Ausscheidung, sondern durch Umwandlung der oberflächlichen Plasmaschicht entstanden ist.

Eine radiäre Struktur läßt sich bei genauer Untersuchung an vielen Membranen entdecken, wenn nämlich dieselben eine solche Dicke besitzen, daß die Linien überhaupt erkennbar sind. Es können die optisch wahrnehmbaren Streifen der Ausdruck wirklicher Porenkanälchen oder von Säulen sein, welche das Licht anders brechen wie die übrige Schicht. An manchen Chitinhäuten der Arthropoden scheinen hohle Gänge sicher erwiesen zu sein; vom Oolemma oder der Zona pellucida der Säugetier- und Echinodermeneier kann man nicht bestimmt sagen, ob die Gänge nicht mit einer schleim- oder gallertartigen Substanz angefüllt sind. Cuticularbildungen schließen das Vorhandensein eines Flimmerkleides nicht aus, weil alsdann Porenöffnungen bestehen, durch welche die Flimmerhaare mit der Zelle zusammenhängen.

Bürstenbesätze nennt man ein sehr eigentümliches Haarkleid, welches die Zellen des Darmes und mancher Drüsen bedeckt. Die Härchen sind sehr zahlreich und stehen dicht beisammen; sie sind durchaus unbeweglich, zart und leicht vergänglich, zeigen aber sonst je nach dem Organe und der Tierspecies, denen sie angehören, so große Unterschiede,

daß man kaum eine allgemeine Beschreibung derselben geben kann. Ihre höchste Entwickelung erreichen die Bürstenbesätze an der Magendrüse und am Mitteldarm der Crustaceen und Insekten; sie sind besonders stark bei der Biene, außerordentlich lang bei Cimbex, wo sie ebensolang sind wie der größte Durchmesser der Zelle, welcher sie aufsitzen. Eine gute und schnelle Fixierung ist nötig, um sie zu Gesicht zu bekommen; sie scheinen aber bei Arthropoden beständig vorhanden zu sein. Die Zellenfläche, von welcher sie entspringen, ist zuweilen mit einer Membran bedeckt, welche wahrscheinlich mit Poren für den Durchtritt der Härchen versehen ist. Kürzere Bürstenbesätze kommen auch an anderen Drüsen der Arthropoden vor, z. B. an den Zellen der Malpighi'schen Gefäße. Bei Wirbeltieren zeigen die Bürstenbesätze einen so wesentlich abweichenden Charakter, daß man sie von denen der Arthropoden als besondere Unterart abtrennen möchte. Erstens sind sie meistens so klein, daß man sie leicht übersehen kann, und so vergänglich, daß sie eine ganz besondere Technik erfordern, und zweitens sind sie nur zeitweise, während der Absonderungsthätigkeit der betreffenden Zellen, vorhanden und verschwinden in den Ruheperioden vollständig. Derartige Besätze findet man an den bauchigen, pigmentierten Zellen der *Tubuli contorti* der Amphibienniere und an den Stäbchenzellen der Säugetierniere (Cornier), ferner an den Zellen der Lieberkühn'schen Drüsen am Dünndarme und an den Zottenepithelien des Wirbeltierdarmes, wo sie schon seit längerer Zeit bekannt und auch leichter zu sehen sind. Ob wir hier eine Schutzvorrichtung für absondernde Zellen vor uns haben, oder eine Nebenerscheinung des Absonderungsvorganges, läßt sich nicht entscheiden. Jedenfalls stehen die Bürstenbesätze weder der Sekretion, noch der Absorption im Wege.

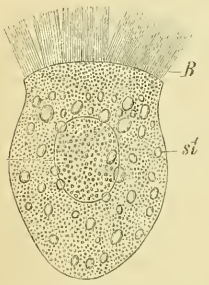


Fig. 181. Epithelzelle von *Ephestia kühniella*. *B* Bürstenbesatz, *st* Sekrettröpfchen, *n* Kern, nach J. Frenzel.

Die Entstehungsweise von Zellmembranen betreffend, stehen sich die einfache Ausscheidung einer Substanz, welche nachher gerinnt, und die Erstarrung der äußeren Schicht des Zellenplasmas lange nicht so schroff gegenüber, wie man es aus dem bloßen Wortlaute entnehmen könnte. Die Sekrete sind ja innerhalb der Zelle gebildet und häufen sich gegen deren freie Fläche an; ob sie nun vor oder nach ihrem Austreten oder an der Grenze erstarren, macht keinen prinzipiellen Unterschied, kann aber allerdings auf die Struktur der gebildeten Membran oder deren Zusammenhang mit dem Zellenleibe einen Einfluß haben. Schwieriger ist die Frage nach der Entstehung von Porenkanälen und von Bürstenbesätzen. Von den Porenkanälen weiß man nur in einem Falle (Oolemma der Echinideneier), daß feine Sarkodefäden sich in die entstehende Membran erstrecken und die Kanäle gewissermaßen reservieren (Selenka .

In der großen Mehrzahl der Fälle wurde nichts derartiges beobachtet, diesem negativen Befunde können wir aber bei der Schwierigkeit des Gegenstandes keine große Bedeutung beilegen. Über die Entstehung der Bürstenbesätze sind wir durchaus im Unklaren, denn es giebt ihr unzweifelhaftes Verhältnis zur Sekretion der Darm- und Nierendrüsen keinen Schlüssel zur Frage von der Bildungsweise aus der lebenden Zelle. Sicher ist nur, daß solche steife, unbewegliche Haare sich an Stellen finden, wo andere Tierkreise (Mollusken, Würmer) ein dichtes Wimperkleid aufweisen. Von den Wimpern unterscheiden sich aber die Haare nicht bloß durch Bewegungslosigkeit, sondern auch durch Zartheit; wenn wir es mit steif gewordenen Wimpern zu thun hätten, so würde sich dieses gerade entgegengesetzt verhalten.

Cuticulare Fortsatzbildungen. Mit den äußeren Membranbildungen nahe verwandt sind alle jene vielgestaltigen, festen Erzeugnisse der Zellenoberfläche, die man als Haken, Borsten, Haare, Schuppen etc. bezeichnet; es handelt sich selbstverständlich an dieser Stelle nur um diejenigen Schuppen, Haare u. s. w., welche in histologischer Beziehung einfache, aus einzelnen Zellen hervorgegangene Gebilde oder die Gesammtausscheidung einiger benachbarter Zellen darstellen. Wir wollen ferner die innerhalb der mesodermalen Gewebe entstandenen Ausscheidungen zunächst beiseite lassen, da dieselben im Kapitel über die Intercellular-

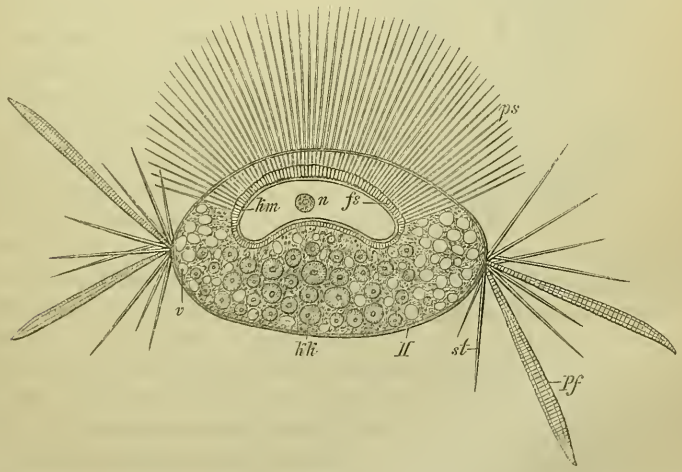


Fig. 182. *Sticholoncha zanclea*. *n* der Kernkörper; *km* die Kernmembran; *fs* die Fußstücke der Pseudopodien; *v* die Vakuolen; *kk* die runden Körperchen der Sarkode; *H* die äußere Hüllmembran; *st* die stiletförmigen und *Pf* die pfriemenförmigen Spicula; *ps* die Pseudopodien. Originalfigur.

substanzen eine passendere Stelle finden, und vorderhand nur die von den Epithelien erzeugten Bildungen besprechen.

Bei Protozoen seien die hohlen, aus Chitin bestehenden Nadeln angeführt, welche gruppenweise vereinigt die Bewaffnung der *Stycho-*

lonche darstellen (Fig. 182, *Pf* und *st*), ferner die feinen verfilzten Röhrchen an der Oberfläche desselben Tieres, als äußere Ausscheidungen. Bei einzelnen Heliozoen (*Rhaphidiophris*) und Foraminiferen (*Globigerina*), vielleicht sogar bei gewissen Radiolarien (*Coelodendrum*) mögen die hohlen Skeletstücke ebenfalls auf der äußeren Fläche der Sarkode entstehen.

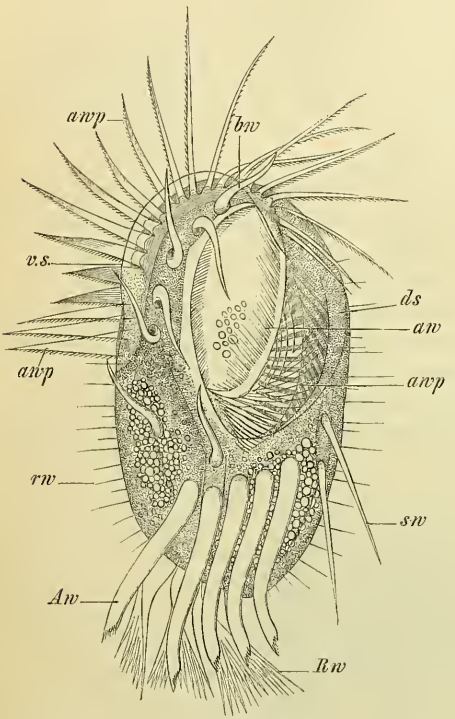


Fig. 183. *Styloplotes Fresenii*. *awp* orale Wimperplättchen; *ds* und *vs* dorsaler und ventraler Mundsaum; *bw* Hakencilien der Bauchfläche; *Aw* hintere, *Rw* Randwimperborsten; *sw* Seitenwimperborsten; *rw* Randwimpern, nach v. Rees.

Chilodon cucullulus unter den Wimperinfusorien besitzt am Schlunde einen membranösen, durch Längsleisten verstärkten Trichter, welcher aus einem chitinartigen Stoffe zu bestehen scheint. Das Gleiche gilt von den oralen Wimperplättchen von *Styloplotes* (Fig. 183, *awp*). Die mit vielgestalteten Leisten, Spitzen oder Dornen besetzten Celluloseplatten, welche den Panzer der Peridinien zusammensetzen, gehören ebenfalls hierher. Obgleich der Vorgang der Entstehung nicht direkt beobachtet wurde, ist doch anzunehmen, daß die Sarkode zuerst die entsprechende Gestalt annimmt, auf welcher diese nadel- oder dornförmigen Fortsätze sich abformen.

Ein besonderes Interesse erregen die Schwingplättchen der Rippenquallen, weil deren phylogenetische Abstammung von Wimpercilien aus morphologischen Gründen sehr wahrscheinlich erscheint. Bei jungen Larven entstehen zunächst an bestimmten Epidermiszellen kleine kammförmige, durchsichtige Plättchen. Später nehmen eine Anzahl benachbarter Zellen der Epidermis an dieser Bildung Anteil und werden ihre Erzeugnisse gleich bei der Entstehung, wahrscheinlich durch einen Klebstoff, miteinander verbunden. Die fertigen Schwingplättchen verlieren durch chemische Eingriffe ihr hyalines Aussehen und zerfallen in locker miteinander verbundene, den Zellenspitzen senkrecht aufsitzende Fasern, deren Bündel hie und da durch spindelförmige Spalträume getrennt sind. Durch Konsistenz und chemische Reaktionen erweisen sich die

Fasern als Cuticularbildungen (Fol, Eimer) und nicht etwa als Sarkodecilien (Chun).

Kleine Haare und Plättchen, welche einzelnen Zellen aufsitzen und den embryonalen Schwingplättchen der Rippenquallen sehr ähnlich sehen, kommen bei *Doliolum* und bei Appendicularien vor, wo sie aber als Tastorgane fungieren. Dessenungeachtet sind die Tastplättchen am Mundeingange der Appendicularien nach Art der Schwingplättchen beweglich. Ebendasselbe gilt von den Cuticularbildungen, welche innerhalb der Otolithenblase der Ctenophoren den Otolithenhaufen in schwebender Stellung erhalten; dieselben dienen, trotz ihrer zitternden Bewegung, wahrscheinlich als Vermittler der Schallwellen (denn daß die kleinen, zwischen diesen Federn gelegenen Haare die schallempfindenden Organe seien, ist durchaus unbewiesen und unwahrscheinlich). Im Radulasacke von *Dentalium* trägt jede Epithelzelle eine schaufelförmige Cuticularbildung (Fol); man weiß nicht, ob diese Schaufeln beweglich sind oder nicht.

Als solide Erzeugnisse einzelner Zellen können ferner die steifen Haare gelten, welche der Körperoberfläche der Chaetognathen (*Sagitta*) aufsitzen und teilweise wenigstens der Sinnesempfindung obliegen.

Während die bisher besprochenen Cuticularbildungen von Anfang an solide waren, läßt sich von den jetzt folgenden teilweise mit Bestimmtheit behaupten, teilweise nur vermuten, daß sie anfangs als hohle Zapfen einem Zellenfortsatze aufsaßen und erst nachträglich inwendig Verdickungsschichten ansetzten, welche das Lumen mehr oder weniger vollständig ausfüllten. Hierher gehören die meist chitinigen Zähne, Haken und Borsten der Cestoden, Trematoden, Nematoden (Mundkapsel von *Dochmius*), die Kiefer von *Sagitta*, die Haken von Gephyreen, die Kiefer von *Nereis*, die zapfenförmigen, aus einer Außenschichte von Chitin und einer inneren Ausfüllung von kohlensaurem Kalke bestehenden Hautstacheln von *Chaetoderma* (L. Graff); ferner der Kauapparat der Rädertiere, die Radulazähne der Weichtiere, die Platten und Haken an den Saugnäpfen der Cephalopoden (Niemiec). Die weiteste Verbreitung finden aber solche hohle Zapfenbildungen im Arthropodenstamme, wo sie als hohle Spitzen, als gefiederte Röhrensysteme (Schwimmfüße der Crustaceen), als Schuppen (Schmetterlinge, etc.), als Krallen oder Saugnäpfe (Milben), als äußere und innere Kauapparate, sogar als hohle oder solide Stützapparate an den Nervenendigungen der Sinnesorgane (Riechzapfen der Copepoden, Hörstifte der Locustiden, etc.) eine wichtige Rolle spielen. Ob die Rückenstacheln der Ichthydien (*Gastrotricha*) mit ihrer dreizipfeligen Basalplatte und einem krallenförmigen Dornfortsatze, die Borsten der Nematoden, die Kiefer der Hirudineen zu den anfangs hohlen oder den ursprünglich soliden gehören, läßt sich zur Zeit nicht bestimmt aussagen.

An der Bildung größerer Haken, Krallen oder pfriemenförmiger Hohlbildungen beteiligen sich öfters zwei oder mehrere Zellen und wird hierdurch ein Übergang von Zellteilen zu wirklichen Organen gegeben.

Die Kiefer der Schnecken, der Schnabel der Cephalopoden, manche Kauzähne am Magen der Weichtiere und Arthropoden, viele Hautfortsätze der Raupen und sonstiger Arthropoden, erheben sich durch ihre Entstehung als Gesammtausscheidung mehrerer Zellen zu wirklichen Organen.

Die exocellulären Skeletbildungen lassen sich ohne Zwang an die äußeren Hartgebilde anreihen. Bei vielen derselben, z. B. den Spiculis der Spongien und den Kalkkörperchen der Alcyoniden, kann man die Möglichkeit eines endocellulären Ursprunges ihrer ersten Anlage nicht ohne weiteres von der Hand weisen. Sicher weiß man nur, daß das weitere Wachstum durch Ausscheidung an der Oberfläche epithelartig angeordneter Zellen geschieht. Auf diesem Wege werden die so mannigfaltigen Skeletbildungen der Spongien zustande gebracht. Bei Kalkschwämmen finden sich nadelförmige (Fig. 184 *A*), sowie tetraxile Spicula (Fig. 184 *E*) und

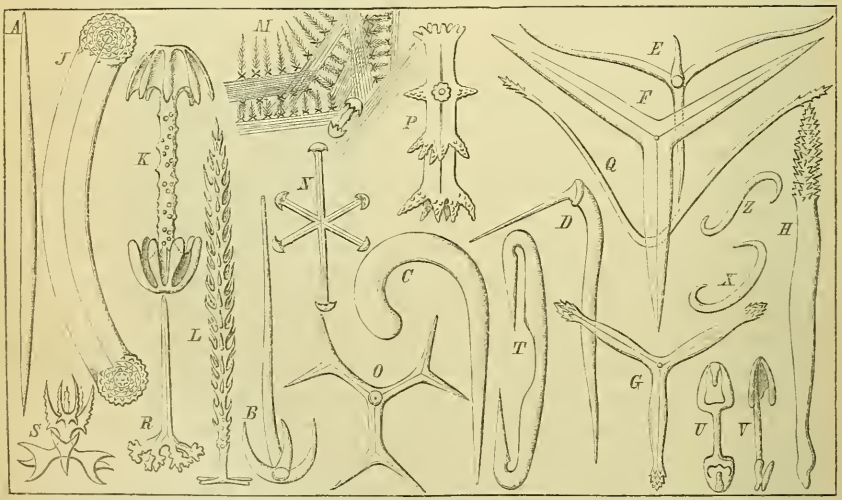


Fig. 184. *A Leucandra caminus*, nach Haeckel. *G Plocamia gymnazusa*, O.-S. nach Schmidt. *S Corticium candelabrum*, O.-S. nach Schultze. *K Semperella Schultzei*, nach Marshall. *R Corallistes nolitangere*, Hexactinellide Kieselspong., O.-S. nach Zittel. *L Semperella Schultzei*, Hexactinellide Kieselspong., Tannenbaum nach Marshall. *M Hyalonema Sieboldii*, Schultze nach Marshall. *N Endictyon elegans*, nach Marshall. *B Syculmis synapta*, nach Haeckel. *O Stelletta discophora*, O.-S. nach Schmidt. *C Ascandra falcata*, nach Haeckel. *P Sceptrella regalis*, O.-S. nach Schmidt. *T Desmacella papillata*, Vosm. Origin. *D Ascandra echinoides*, nach Haeckel. *T Ascaltis Goethei*. nach Haeckel. *F Ascetta primordialis*, nach Haeckel. *Q Suberites areiger*, O.-S. nach Schmidt. *X Z Esperia Contarenii*, O.-S. nach Schmidt. *G Ascetta sceptrum*, nach Haeckel. *U V Esperia massa*, O.-S. nach Schmidt. *H Leucyssa incrustans*, nach Haeckel.

deren Derivate (Fig. 184 *B*). Bei Kieselschwämmen zeichnet sich die Ordnung der Hexactinelliden durch dreiachsige Spicula, deren Achsen sich rechtwinklig kreuzen (Fig. 184 *K, L, M, P*), die Ordnung der Tetractinelliden durch vierachsige, deren Achsen Winkel von 60 Grad miteinander bilden Fig. 184 *O*), aus. Durch Verkümmerung, weitere Ausbildung oder Biegungen der einzelnen Schenkel kommen seltsame

Gestalten zustande (Fig. 184 *Q, T, R, S*). Ob die bei der Familie der Desmacidoniden vorkommenden sonderbaren Formen (Fig. 184 *U, V, Z, X*) auf tetraxile oder auf monaxile Spicula zurückzuführen sind, mag dahingestellt bleiben. Die Kalk- und die Kieselspicula enthalten außer den mineralischen Bestandteilen ein organisches Substrat, und eine nur mit Flüssigkeit, oder mit einer dünnen, organischen Substanz angefüllte hohle Achse. Eine solche erstreckt sich ebenfalls durch die ganze Länge der Sponginbalken des Hornspongienskeletes. Es herrscht bei letzteren eine große Verschiedenheit sowohl in der morphologischen, als auch in der chemischen Zusammensetzung des Skeletes. Die Hornsubstanz der Balken ist homogen (*Spongia*) oder concentrisch geschichtet (*Aplysina*), mit fremden festen Körpern beladen (*Spongelia*) oder röhrenförmig mit weitem, von Sand und Fremdkörpern angefülltem Binnenraume (*Hircinia, Sarcomus*). Das chemische Verhalten liefert einen sicheren Beweis, daß wir es nicht etwa mit einer einzigen Substanz, dem Spongine, zu thun haben, sondern mit sehr verschiedenartigen Stoffen; es kann unmöglich das Skelet der Spongelien, welches in kalter Natronlösung zergeht, die gleiche Zusammensetzung haben wie das Horngerüst der Hircinien, welches kochenden kaustischen Alkalien und der Salzsäure tagelang widersteht.

Die Kalkkörperchen der Antipathiden und Alcyoniden, die sogen. Skleriten, haben für jede Species eine, wenn auch nicht identische, aber doch so konstante Gestalt (Fig. 185), daß man darnach die Species,

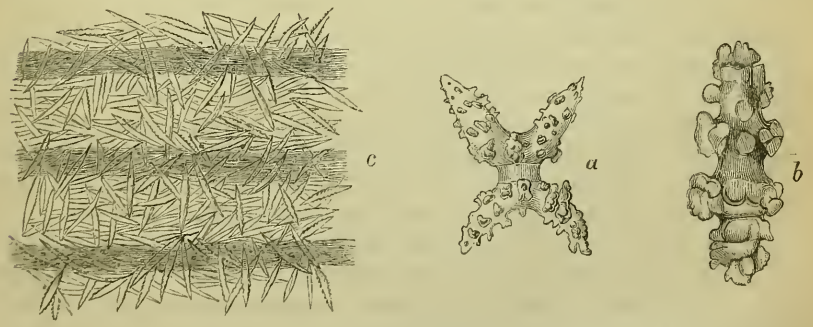


Fig. 185. Skleriten von Alcyonarien aus Claus, nach Kölliker. *a* von *Plexaurella*, *b* von *Gorgonia*, *c* von *Alcyonium*.

welcher sie angehören, bestimmen kann. Im ausgebildeten Zustande liegen sie im Mesoderme eingebettet; über ihren histologischen Ursprung sind wir nicht genau unterrichtet, sodaß wir sie nur mit allem Vorbehalte und der Vollständigkeit halber hier anführen.

Die Intercellularsubstanzen. Vom theoretischen Standpunkte aus läßt sich kein durchgreifender Unterschied zwischen Zellmembranen, Zellenausscheidungen und Intercellularsubstanzen entdecken. Wo zwei oder mehrere Zellen aneinanderstoßen, da kommen ihre äußeren Erzeugnisse,

welcher Art sie auch sein mögen, zwischen die Elemente zu liegen und können daher die Bezeichnung als intercellulare verdienen. Hauptbedingung bleibt dabei nur, daß jene Stoffe ursprünglich von den Zellen abstammen.

Manche geißeltragende Infusorien z. B. umgeben sich mit einer dicken, gallertigen oder halbfesten Hülle. Bei gesellig lebenden Arten wird die Hülle zum gemeinsamen Eigentume und kann eine baumförmig verästelte oder eine gedrungene, klumpenförmige Gestalt annehmen. Im ersteren Falle (*Dinobryon*) gehört jeder Zweig als äußere Membran dem darin wohnenden Individuum, im zweiten (*Uroglena*, *Magosphaera*) können die miteinander verschmolzenen Wandungen als Intercellularsubstanz gelten. Durch diese und ähnliche Beispiele läßt sich der Übergang des Begriffes einer Membran in denjenigen einer Intercellularsubstanz klar beweisen.

Eine besondere Stellung nehmen solche Zwischenzellmassen, welche sich schichtenartig zwischen zwei Keimblätter erstrecken und einem derselben oder beiden zugleich ihre Entstehung verdanken. So kommt z. B. bei Coelenteraten fast überall eine als Stützlamelle bekannte, zellenlose Schicht zwischen Ektoderm und Entoderm vor, welche in der Regel eine derbe, membranartige, bisweilen aber auch eine gallertartige Beschaffenheit besitzt. In der Regel zeigt die Stützlamelle keine Struktur, oder höchstens eine der Oberfläche parallele Schichtung; wächst dieselbe jedoch zu einer Gallertmasse von ansehnlicher Dicke an, so läßt sich häufig ein gegen die Oberfläche senkrecht gerichtetes Fasersystem erkennen. Solange keine Zellen in solche Gallertmassen einwandern, kann man letztere nicht zu den Geweben stellen; durch die Einwanderung secernierender Zellenelemente wird aber ein Gewebe hergestellt. Nahestehende Medusenformen besitzen im Schirme als Stützorgan einmal ein Sekret, das andere Mal ein Gewebe; ein Beweis, daß die morphologische Homologie nicht immer mit der histologischen Klassifizierung zusammenfällt. Ähnliche Übergänge kommen auch bei Wirbeltieren vor: es unterliegt z. B. keinem Zweifel, daß die zwischen Mesoderm und den beiden primären Keimblättern beim Amphioxus vorkommende geschichtete und zellenlose Lamelle das Homologon einer in der Wirbeltierreihe mannigfaltig entwickelten Gewebsgruppe ist.

Das Bindegewebe. Unter dieser allgemeinen Bezeichnung werden alle diejenigen Gewebe zusammengefaßt, welche aus Zellen mit reichlicher Intercellularsubstanz bestehen und hauptsächlich durch ihre Konsistenz und Resistenzkraft dem Gesammtorganismus nützen. Diesen noch zu weiten Begriff müssen wir durch folgende Bedingung einschränken, daß nämlich die Verrichtung des Gewebes, dessen Resistenz, von der Intercellularsubstanz ausgeübt werde, während die Zellen nur dazu dienen, jene Intercellularsubstanz zu ernähren und am Leben zu erhalten.

Mit Bezug auf den Ursprung aus den Keimblättern stellt das Bindegewebe keinen einheitlichen Begriff dar. Es liegt in der Natur der Sache,

daß solche Stützgewebe hauptsächlich in der Tiefe des Körpers und der Organe gelagert sind und vornehmlich dem Mesoderme entstammen. Daß aber Ausnahmen vorkommen, beweisen der ektodermale Mantel der Tunicaten, die entodermalen Kauapparate niederer Tiere, die entodermalen geschlossenen Drüsen (*Thymus*, *Thyreoïdea*) der Wirbeltiere u. s. w. Die Wechselbeziehungen zwischen Endothelien und Bindegewebe zeigen, wie leicht Epithelien in Bindegewebe übergehen können und umgekehrt, z. B. an der Placenta, den Embryonalhüllen, dem Gekröse der Wirbeltiere.

Die chemische Natur der Intercellularsubstanzen in der Bindegewebsgruppe bietet gründliche Unterschiede. Bei Wirbeltieren spielen drei Substanzen als Bindematerial eine Hauptrolle, nämlich Collagen, Mucin und Elastin. Das früher hier angereihte Chondrin hat sich als ein Gemenge der beiden erstgenannten Substanzen herausgestellt (Kühne und Moroschowetz). Die kohlen- und phosphorsauren Kalksalze bestehen nicht für sich allein als Bindemittel, sondern werden, wo sie auftreten, in die Masse der oben angeführten Substanzen abgelagert. Schon beim Amphioxus tritt das Collagen in der zellenlosen Grenzschicht zwischen Mesoderm und dem äußeren und inneren Keimblatte auf, und fehlt bei keinem höheren Wirbeltiere. Bei Mollusken (Kopfknorpel der Cephalopoden), Echinodermen (Cutis verschiedener Holothurien) und einer Gephyree (*Sipunculus*) wurde ebenfalls das Collagen vorgefunden, freilich als eine besondere Abart, die man wegen ihrer leichten Verdaulichkeit mit Trypsin Tryptocollagen benannt hat. Das Collagen der Wirbeltiere ist dagegen in Pepsin leicht, in Trypsin gar nicht verdaulich.

Das Elastin kommt hauptsächlich in Gestalt von Fasern und Fasernetzen in vielen Bindegewebsarten der Wirbeltiere vor, ferner in Gestalt von Membranen, z. B. in der Arterienwand, und endlich in Form von festen Stäben in den Flossen der Selachier. Bei Wirbellosen wurde dieser Stoff bisher bei Pennatuliden (*Fusculina*, *Halisceptrum*) nachgewiesen, und zwar als organische Grundlage des Achsenskeletes. Das Elastin wird durch die Trypsinverdauung vollständig aufgelöst.

Mit dem Elastine zeigt die Keratingruppe in chemischer Hinsicht eine nahe Verwandtschaft. Diese Stoffe sind aber nirgends als Bestandteile eigentlicher Intercellularsubstanzen mit Sicherheit nachgewiesen. In der Epidermis und der Neuroglia der Wirbeltiere, wo sie eine Hauptrolle spielen, treten die Keratinstoffe innerhalb der Zellen auf, sind also als endocelluläre Differenzierungen aufzufassen.

Das Mucin bildet als Beimengung des Collagens einen Bestandteil der Grundsubstanz des Knorpels, kommt aber auch für sich allein in gewissen gallertartigen Bindegewebsarten bei Wirbeltieren und Mollusken vor. Wir müssen freilich von chemischer Seite die Beantwortung der Frage abwarten, ob die Mucine eine eigentliche Stoffgruppe sind oder vielmehr Mischungen darstellen.

Bei der Spongiengattung *Chondrosia* enthält das derbe faserige Bindegewebe eine eigenartige, in die Gruppe der Hyalogene gestellte

Substanz: das Chondrosin. Bei dem so verschiedenen Verhalten des Bindegewebes der Hornspongien gegen Chemikalien läßt sich erwarten, daß eine chemische Untersuchung dieser Gewebe die Wissenschaft mit einer Reihe interessanter Stoffe bereichern wird.

Bei niederen Tieren kommen wenig differenzierte, d. h. dem Eiweiße nahestehende Stoffe als Intercellularsubstanzen vor. So besteht z. B. die Schirmgallerte einiger Medusen (*Rhizostoma*) aus einem leicht verdaulichen, dem Fibrine nicht unähnlichen Stoffe mit ungeheuer großem Wassergehalte (Krukenberg). Bei Asteriden und im organischen Substrate des Echinidenpanzers bilden wirkliche Eiweißstoffe die Gerüstsubstanzen.

Eine besondere Stellung nimmt das Tunicin ein, dessen chemische Verwandte im Pflanzen-, nicht im Tierreiche zu suchen sind. Außer Tunicin und Zellensarkode enthält, trotz gegenteiliger Behauptungen, der Mantel von Salpen, Ascidien und Pyrosomen keine weiteren chemischen Stoffe.

Das Kapselgewebe bildet den niedersten Typus unter den Bindegeweben, denen er insofern angehört, als seine Funktion durch die elastische Resistenzkraft der Verdickungsschichten seiner Zellmembranen erfüllt wird. Das Kapselgewebe besteht aus Zellen mit derben, kapselartigen Membranen, welche miteinander verkittet eine elastische und dennoch steife Masse bilden. Am besten kann man solche Gewebe mit denen der meisten Pflanzenteile vergleichen. Der Binnenraum einer jeden Kapsel (Fig. 186) ist mit Flüssigkeit angefüllt (*v*), worin der relativ sehr kleine Sarkodekörper der Zelle (*enp*) entweder der Wandung anliegt oder durch Fäden suspendiert ist. Am Schirmrande und in den soliden Tentakeln der Trachymedusen, sowie in den Kopfarmen mancher festsitzender Borstenwürmer finden sich solche Kapselzellen zumeist in einfacher Reihe aneinander gekettet. Als Beispiele eines in kompakten Massen auftretenden Kapselgewebes können wir die Stützorgane des Kauapparates bei *Dentalium* und den gastropoden Mollusken, die Chorda dorsalis beim *Amphioxus*, die embryonale Chorda der höheren Wirbeltiere, das Skelet der Petromyzonten nennen. Bei Petromyzonten geht schon dieses einfachere Gewebe bereits in Knorpel über, indem das Kapselgewebe, welches das Innere eines jeden Skeletstückes bildet,

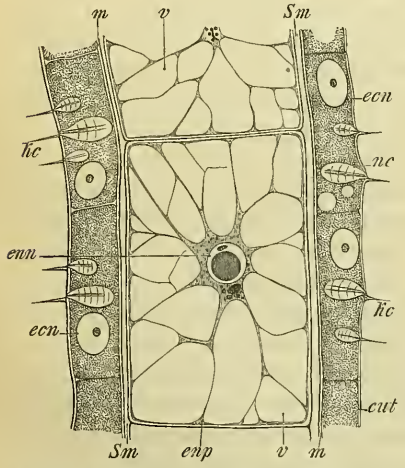


Fig. 186. Ein Tentakel von *Cordylophora lacustris*, *v* die Vakuolenräume der Stützzellen, *enp* die protoplasmatischen Scheidewände zwischen denselben, *enn* der Kern der Stützzelle, nach F. E. Schulze.

gegen die Oberfläche zu durch Entwickelung einer Intercellularsubstanz sich allmählich in wirklichen Knorpel verwandelt.

Zur Einteilung der Bindegewebsformen läßt sich ihre genetische Bildung besser verwerten, als ihre chemische Zusammensetzung. Man bemerkt nämlich in der Genese dieser Gewebe einen allerdings nicht durchgreifenden, aber doch wichtigen Unterschied. Die einen gehen aus dichten Gruppen von Embryonalzellen hervor, welche alle gleichzeitig nach allen Richtungen eine Intercellularsubstanz ausscheiden und durch dieses eigene Sekret gleichmäßig auseinander geschoben werden. Solche Gewebe nennen wir die perigenen. Die anderen Bindegewebe nehmen ihren Ausgang von einer epithelartig angeordneten Zellenschicht, deren Zellen eine Bindesubstanz schichtenweise absondern, in diesen Schichten aber Fortsätze treiben und die eine nach der andern sich einschließen lassen, indem sie successive auf der den Nachbarzellen zugekehrten Fläche zu secernieren anfangen. Diese einseitig entstandenen Gewebe wollen wir mit dem Namen der plagiogenen belegen. Dieser Einteilung möchten wir keinen absoluten Wert zugesprochen wissen; Übergänge sind hier wie sonst in der Histologie überall vorhanden, z. B. im periostalen Wachstume des Knorpels. Wenn es uns nur gelingen sollte, die Auffassung der Erscheinungen durch mehr oder weniger künstliche Klassifizierungen zu erleichtern, so wäre unser Zweck erreicht.

Perigene Bindegewebe umfassen den Knorpel und seine Unterarten, (Faserknorpel, Netzknorpel, verknöcherter Knorpel), das faserige Bindegewebe, das elastische Gewebe, das Skelet der Echinodermen u. s. w. Den reinsten Typus eines perigenen Gewebes bietet aber der embryonale Knorpel von Wirbeltieren und Mollusken.

Der hyaline Knorpel kommt bei allen Wirbeltieren mit Ausnahme des *Amphioxus*, und bei den cephalopoden Weichtieren vor. Im embryonalen Zustande besteht der Knorpel aus einem Haufen runder Zellen, deren jede sich mit einer anfangs dünnen, später immer mehr anwachsenden Hülle farbloser Substanz umgiebt. Nachher vermehren sich die Zellen durch Teilung und werden durch das immerwährend abgeschiedene Sekret voneinander getrennt. Es versteht sich, daß die zuerst gebildeten Hüllschichten ganz außerordentlich gedehnt werden müssen durch die innerhalb derselben entstandene Brut der ursprünglichen Zellen und durch die anwachsenden Hüllen der Brutzellen. Die Intercellularsubstanz besteht somit aus koncentrischen Hüllen und ließe eine ausgesprochene Schichtenbildung erwarten; diese wird aber so verwischt, daß man nur durch längere Behandlung des fertigen Knorpels mit verdünnter Schwefelsäure oder mit koncentrierter Salzsäure die Sekretgebiete verschiedener Zellen isoliert erhalten kann. Aus diesem homogenen Aussehen der Grundsubstanz beim hyalinen Knorpel und aus den Dehnungserscheinungen an den Hüllen der Mutterzellen kann man den Schluß ziehen, daß ein interstitielles Wachstum darin obwaltet und eine wichtige Rolle spielen muß.

In der **Grundsubstanz** des hyalinen Knorpels glauben manche Beobachter ein Kanalsystem aufgefunden zu haben. Im Kopfskelete von *Loligo* und *Sepia*, sowie von manchen Plagiostomen kommt eine Knorpelart vor, deren Zellen reich verästelte Ausläufer entsenden und dadurch mit den Nachbarzellen kommunizieren. Den Ausläufern entsprechen verästelte Kanälchen, welche die Intercellularsubstanz durchsetzen. Sonst gleicht dieses Gewebe dem Rundzellenknorpel vollkommen. Vergebens hat man bei letzterem nach Kanälchen gesucht, welche denen des Sternzellenknorpels entsprächen. Was man durch schwierige Reaktionen sichtbar machen konnte (Budge, Heitzmann), ist etwas viel feineres als die Kanälchen des Loligoknorpels. Behandelt man den letzteren mit Alkohol und Äther, so erscheinen in seiner Grundsubstanz ähnliche Zeichnungen wie in der hyalinen Substanz des Rundzellenknorpels bei gleicher Behandlung, ein Beweis, daß sie mit den so leicht sichtbaren Kanälchen nichts gemeinsames haben. Manche halten jene feinsten Zeichnungen für Kunstprodukte (Solger), andere halten sie für wirklich präformiert und haben sie mit dem Namen der »Saftkanälchen« belegt (Bubnoff).

Auffallend ist die Resistenz der Grenzschicht zwischen Zelle und Intercellularsubstanz gegen Chemikalien, z. B. bei langer Abkochung mit Wasser oder beim Macerieren mit verdünnten Säuren. Es scheint, als ob die Eiweißstoffe der Zelle beim Übergang in Collagen und Mucin ein Umwandlungsstadium durchmachen müßten, wo sie resistenter sind wie Eiweiß und wie Collagen. Diese Umwandlung würde dann natürlich an der Oberfläche der Zelle stattfinden und die kapselartigen Hüllen erklären, welche zurückbleiben, wenn alles übrige bereits verdaut ist.

Faserknorpel nennt man ein Gewebe, dessen Grundsubstanz in Fasern zerfällt und sich somit dem faserigen Bindegewebe nähert, von welchem es durch festeres homogeneres Gefüge und durch die mehr rundliche Gestalt und gruppenweise Anordnung der Zellen sich unterscheidet. Durch Macerieren des hyalinen Knorpels in 10procentiger Kochsalzlösung, sowie durch Verdauen desselben mit Trypsin, zeigt die Grundsubstanz des Knorpels einen Zerfall in parallele Fibrillen. Das Gelingen der Reaktion und die Deutlichkeit der erhaltenen Bilder hängen sehr von der Örtlichkeit ab, welcher der Knorpel entnommen wurde, und vom Alter des Tieres. Im Kehlkopfe eines erwachsenen Mannes, im Rippenknorpel eines Greises ist dieser Zerfall ohne Reagentien leicht sichtbar. An vielen Orten, z. B. den Ansatzstellen von Sehnen oder Bändern am Knorpel, kann man den Übergang beider Knorpelarten ineinander beobachten und sich davon überzeugen, daß zwischen hyaliner und faseriger Intercellularsubstanz kein absoluter Unterschied besteht. Es dürften wohl die sogenannten Saftkanälchen auf einer chemisch bestehenden und durch chemische Reagentien nachweisbaren, aber noch nicht sichtbaren Faserung der Grundsubstanz beruhen. Den schönsten Übergang bietet aber ein Gewebe, wo echte Knorpelzellen, jede mit einem Hofe hyaliner Substanz umgeben, in einer vollkommen fibrillären Grundsubstanz ein-

gebettet liegen. Die hyaline und fibrilläre Substanz hängen derartig zusammen, daß an einer Kontinuität nicht zu zweifeln ist.

Netzknorpel nennt man einen hyalinen oder faserigen Knorpel, dessen Grundsubstanz von einem Netze elastischer Fasern durchsetzt ist. Die Zellen zeigen in der Regel eine sehr gleichmäßige Verteilung. Epiglottis und Ohrknorpel der Säugetiere sind die bekanntesten Vorkommnisse dieser Knorpelart. Die einfachste Gestalt und Anordnung der Elastinfasern bietet der Ohrknorpel junger Kaninchen; die Zellen laufen in geraden Reihen und jede Reihe wird von einer Gruppe paralleler Fasern eingefaßt, welche so angeordnet sind, daß sie einen Hohlcylinder darstellen. Beim Rinde kompliziert sich das Netz durch das Hinzutreten von Querfasern, welche die Längsfasern untereinander verbinden und um jede Zelle herum einen förmlichen Korb bilden. Den höchsten Grad der Ausbildung erreicht endlich das Elastinnetz bei Schaf und Katze (O. Hertwig). Die ersten Fasern erscheinen nicht im Innern, sondern an der Oberfläche der reihenförmig angeordneten Zellen und zwar so, daß jede einzelne Faser von einer ganzen Zellenreihe gemeinschaftlich erzeugt wird. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß fertig gebildete und von den Zellen getrennte Fasern noch fortwachsen können, und andererseits sind Beispiele bekannt (Epiglottis und Gießbeckenknorpel des erwachsenen Mannes), daß hyaliner Knorpel sich in Netzknorpel dadurch umwandelt, daß Elastin in Körnchenform in der homogenen Grundsubstanz erscheint und nachher sich zu Fasern anordnet. Die Elastinfasern des Netzknorpels sind somit niemals ein Differenzierungsprodukt des Zellenplasmas, sondern eine Ausscheidung, welche entweder direkt (Ohrknorpel) oder erst mittelbar (Gießbeckenknorpel) in Faserform gerinnt.

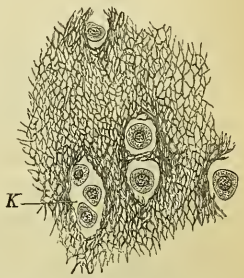


Fig. 187. Netzknorpel vom Ohr des Menschen. *K* Knorpelzellen.

Durch Trypsinverdauung kann man die Elastinfasern entfernen und die übrigbleibende Grundsubstanz in Collagenfasern spalten, welche an der Oberfläche in die Fasern des Perichondrium übergehen. Um die Zellen herum liegen diese Fasern dicht beisammen und bilden eine Hülle (Kolster), die von Einigen für eine Membran gehalten wurde.

Der Lebenslauf des Knorpels bringt verschiedenartige Veränderungen mit sich. Die Knorpelzellen vermehren sich durch Teilung. Je nach der relativen Schnelligkeit dieser Fortpflanzung und der Abscheidung von Grundsubstanz können die Zellen annähernd gleichmäßig verteilt oder aber gruppenweise vereinigt sein. Außer diesem interstitiellen Wachstume kommt auch hie und da ein appositionelles Wachstum der Knorpelteile vor, indem benachbartes embryonales Gewebe sich in Knorpelgewebe umwandelt, oder aber die neuen Knorpellagen werden vom Perichondrium aus gebildet (Bruch, Gerlach). In letzterem Falle

vermehren sich die Bindegewebszellen an der inneren Fläche des Perichondrium und entwickeln schichtenweise neue Knorpellagen, indem sie sich mit hyaliner Substanz umgeben. Es weicht somit dieser Vorgang, den man beim ersten Blicke für ein perigenes Wachstum halten könnte, von letzterem nicht unwesentlich ab. Soll der Knorpel aufgelöst werden, z. B. in der Nähe einer Verknöcherungsstelle, so teilen sich die Zellen wiederholt, ohne Grundsubstanz zu produzieren; letztere wird vielmehr durch die Zellennester angenagt und allmählich bis auf unbedeutende Reste zerstört. Sonst kann der Knorpel lebenslang bestehen, und da von untergegangenen Zellen nichts zu bemerken ist, so müssen wir annehmen, daß die Knorpelzellen ihr träges Leben solange wie ihr Träger fristen können; ihre ganze Thätigkeit scheint auf die Unterhaltung resp. Vermehrung oder Veränderung der Intercellularsubstanz hinauszugehen. Bei alten Individuen enthält gewöhnlich jede Knorpelzelle einen gelblichen Fetttropfen (Toldt), sowie auch öfters körniges Pigment, und die Grundsubstanz zeigt eine Tendenz zum faserigen Zerfall und zur Verkalkung. Gewisse Knorpelteile verknöchern regelmäßig, indem Kalksalze in der Grundsubstanz rings um die Zellen und in einiger Entfernung von denselben sich ablagern. Es entstehen knollige Massen, welche nach und nach die ganze Grundsubstanz in eine feste homogene knöcherne Substanz umwandeln. Die Knorpelzellen werden kleiner und nehmen Sternformen an, indem lange dünne Ausläufer von ihnen aus die Grundsubstanz durchsetzen, sodaß schließlich der verkalkte Knorpel einem echten Knochengewebe täuschend ähnlich sehen kann.

Das faserige Bindegewebe erscheint sehr frühzeitig beim Embryo und wird von Zellen gebildet, welche die runde Gestalt einbüßen, sowie sie etwas Intercellularsubstanz abzuscheiden beginnen. Sie nehmen alsbald eine polyedrische Form an, welche nach und nach in eine polygonal abgeplattete, von der Kante aus spindelig erscheinende Form übergeht. Später läßt sich diese ursprüngliche Schuppenform der Zellen nur noch mit vieler Mühe nachweisen, weil der größte Teil der Schuppe hyalin geworden und von der Intercellularsubstanz kaum zu unterscheiden ist. Das Zellenprotoplasma ist auf eine sternförmige Figur reduziert, welche den mittleren Teil der Schuppe einnimmt, hier und da einen Ausläufer bis zum Rande derselben entsendet und im centralen Sarkodehaufen den Kern trägt. Die Intercellularsubstanz ist anfangs hyalin, später von Fasergruppen durchzogen, die wir einer Art Gerinnung zuschreiben müssen, denn es liegt keine positive Beobachtung vor, welche uns zwingen könnte, ein direktes Hervorgehen der Fasern aus dem Zellenplasma anzunehmen. Sind die Fasern zahlreich geworden, so zeigen sie sich in Bündeln parallel gerichteter Fäden angeordnet, welche untereinander durch einen in Barytwasser u. a. löslichen Kitt verbunden sind. Zwischen den einzelnen Bündeln bleiben Spalten bestehen, welche miteinander kommunizieren und schließlich in die letzten Lymphkapillaren ausmünden. Die Gestalt der Lymphräume richtet sich nach der allgemeinen Anord-

nung der Faserbündel. Diese sind entweder alle gleich gerichtet (Sehnen der Wirbeltiere) oder aber in Lagen paralleler Fasern geordnet, welche sich mit denen der folgenden Lagen kreuzen (Cornea der Wirbeltiere), häufiger noch in Zügen, welche zwar in parallelen Ebenen verlaufen, sich aber dabei nach allen Richtungen kreuzen und durchflechten (Sclera des Wirbeltierauges, Cutis, Bindegewebe derber Schwammarten). Gestalt und Anordnung der Zellen richtet sich nach derjenigen der Fasern; man findet sie also in Längsreihen mit Längskanten und Eindrücken in den Sehnen (Fig. 190), abgeplattet mit rechtwinkligen Kanten in der Cornea (Fig. 189), oder mehr sternförmig im derben Fasergewebe.

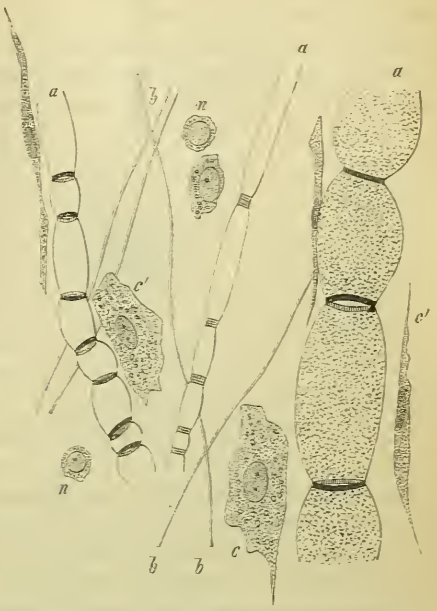


Fig. 188. Subcutanes Bindegewebe vom Hunde. *a* Fibrillenbündel mit ringförmigen Binden, *b* elastische Fasern, *c*, *c'* Bindegewebszellen, *n* Lymphkörperchen. nach Ranvier.

Es können ganze Gruppen von Faserbündeln von den umgebenden Gruppen durch Scheidewände abgetrennt sein, welche aus andersgerichteten dünnen Faserschichten bestehen (sekundäre Bündel der Sehnen), mit kleinen Blutgefäßen und Nerven, denen sie einen Weg in das Innere der

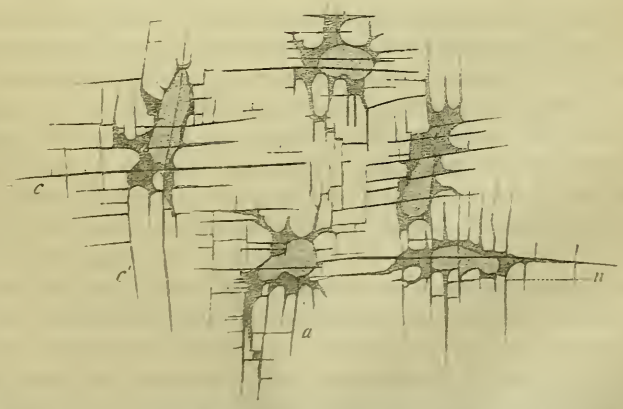


Fig. 189. Cornea vom grünen Frosch, mit Citronensaft und Gold-Kalium-Chlorid behandelt. *a* Zellenkörper, *c* Rinnen zwischen den gekreuzten Fasersystemen. nach Ranvier.

Fasermassen bahnen. Ein ganz besonderes Interesse beanspruchen die isolierten Bindegewebsbalken, welche im Subarachnoïdalraume, im Omentum und in der Umgebung der Arterien bei Wirbeltieren einzeln oder unter zweig- und netzförmiger Anastomosenbildung die Lymphräume durchsetzen. Behandelt man ein solches Bündel mit Essigsäure, so quillt dasselbe auf und zeigt rosenkranzartig gereihte Bäuche und Einschnürungen (Fig. 188 *a*). Es bestehen nämlich die Balken aus einem Längsfaserbündel, um welches herum das Endothel eine Scheide bildet. Zwischen Endothel und Längsbündel befinden sich oft noch kreisförmige oder spiralige, zuweilen auch ein wirkliches weitmaschiges Netz bildende, elastische Fasern. In anderen Fällen tritt an deren Stelle eine Lage ringsverlaufender Bindegewebsfibrillen (Key und Retzius). Die erwähnten Einschnürungen nach der Essigsäurebehandlung sind zumeist durch die elastischen Fasern verursacht, können aber auch zuweilen auf lebende oder geschrumpfte Einhüllungszellen zurückgeführt werden (Rollett). Wo eine äußere Lage kreisförmiger Bindegewebsfibrillen vorhanden ist, kann überhaupt keine Quellung eines Längsbündels zustande kommen. Beim Übergang solcher Balken in durchlöcherte oder kontinuierliche Bindegewebsmembranen läßt sich auch der Übergang der Endothelauskleidung in die beiden Zelllagen der Membran verfolgen und das Verhältnis zwischen Zelle und Fibrillenbündel in klarster Weise demonstrieren (Key und Retzius). — Die größte Regelmäßigkeit in Größe und Anordnung der Fibrillen bieten jene Bindegewebsschichten des Augengrundes mancher Säugetiere, sowie auch gewisse Körperstellen der Wirbellosen, welche ein schillerndes Aussehen haben. Dieses Silberglänzen rührt von einer Interferenz in den genau parallel in gleich dicken Schichten angeordneten Fibrillen her.

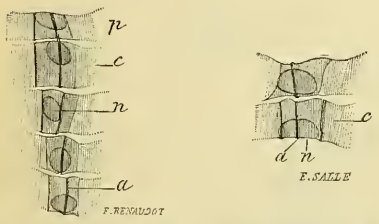


Fig. 190. Sehnenzellen aus dem Schwanze der Ratte. *c* Zellen, *p* flügelförmige Fortsätze derselben, *n* Kerne, *a* Firste, nach Ranvier.

Das Gallertgewebe wurde als besondere Gewebsart dem fibrillären Bindegewebe gegenübergestellt, jedoch mit Unrecht; wir können es höchstens als eine Unterart des fibrillären Gewebes gelten lassen. Im Wirbeltierembryo besteht die Cutis anfangs aus Gallertgewebe, welches allmählich in echt fibrilläres Gewebe übergeht. Nur die sogenannte Wharton'sche Sulze, welche im Nabelstrange der Säugetiere den Raum zwischen Epithel und Gefäßen ausfüllt, behält, solange eben der Nabelstrang bestehen bleibt, eine gallertige Beschaffenheit bei. Die Zellen sind verästelt, durch ihre Ausläufer miteinander verbunden, und bilden so ein weitmaschiges Netz, dessen weite Lückenräume von einer aus Mucin bestehenden wasserhellen Gallerte ausgefüllt sind. In dieser Gallerte nun verlaufen nach allen Richtungen lockere Züge feiner Fibrillen, die,

allem Anscheine nach, aus Collagen bestehen. Gegen Ende des intrauterinen Lebens werden diese Fibrillen zahlreicher und das Gewebe derber. Beim erwachsenen Wirbeltiere kommt das Gallertgewebe im Sinus rhomboïdalis der Vögel und im Glaskörper des Auges vor, an letzterem Orte freilich in ganz eigentümlicher Beschaffenheit. Die chemische Zusammensetzung des Glaskörpers bietet Besonderheiten (H. Virchow), welche lange nicht aufgeklärt sind; die Zellen sind gleich von Anfang an in der Glassubstanz recht spärlich, gehen aber später noch größtenteils zu Grunde. Es bleiben nur diejenigen bestehen, welche der Membrana limitans und den Retinagefäßen anliegen. Bei Fischen und Vögeln bestehen außerdem Zellennester in der Umgebung des Processus falciformis. Der Glaskörper des erwachsenen Säugetieres besitzt in seinem Inneren, außer spärlichen feinen Fasern, fast keine geformten Bestandteile; die Zellen sind alle an seiner Oberfläche. Das sogenannte Gallertgewebe der Medusen müssen wir in die Abteilung der plagiogenen Gewebe verweisen.

Das elastische Bindegewebe kommt nirgends im reinen Zustande vor; die geringste Beimengung von fibrillärem Gewebe bieten die Ligamenta flava der Wirbel und das Ligamentum nuchae der Säugetiere. Sonst sind die elastischen Fasern unter den fibrillären Fasern des Bindegewebes mehr oder weniger zahlreich eingesprengt, am spärlichsten in den Muskelsehnen, zahlreicher in der Cutis und den Aponeurosen der Wirbeltiere. Wird das Gewebe im Zustande mittlerer Spannung fixiert, so verlaufen die Fasern gerade und zeigen nur in geschrumpften Präparaten jene Schlängelungen, die man so vielfach abgebildet hat. Teilungen und Anastomosen der einzelnen Fasern gehören keineswegs zu den Seltenheiten, sind aber viel spärlicher wie beim Netzknorpel. Es kommen aber andererseits elastische Platten in der Arterienwandung und in der Tunica von Luft- und Speiseröhre vor, welche entweder kontinuierlich oder siebförmig durchlöchert sein können und zwischen den Lagen fibrillären Bindegewebes eingeschaltet sind. Denkt man sich im Netzknorpel die hyaline Grundsubstanz in Bindegewebsfibrillen umgewandelt — solche Übergänge kommen ja stellenweise vor — so würde ein Gewebe entstehen, welches dem gewöhnlichen, mit elastischen Fasern vermengten fibrillären Bindegewebe sehr ähnlich wäre. Es wird allgemein anerkannt, daß die elastischen Fasern des Bindegewebes durch Gerinnung in der bereits gebildeten Intercellularsubstanz entstehen. Es ist dieses eine wichtige Stütze für die Gerinnungshypothese im Netzknorpel.

Als Veränderungen des Bindegewebes sind die beiden wichtigsten, nämlich die Fettbildung und die Verkalkung zu nennen. Die Fettbildung kommt durch Ablagerung von Fetttropfen innerhalb der Zellen zustande und wurde deshalb schon oben unter den intracellulären Ablagerungen besprochen. Die Verkalkung betrifft namentlich die Muskelsehnen und spielt bei Vögeln eine wichtige Rolle, erscheint aber auch hin und wieder

bei anderen Wirbeltieren, zumal bei niederen Säugetieren. Solche verkalkte Sehnen gleichen äußerlich einem Knochen vollkommen, lassen sich aber bei der mikroskopischen Untersuchung leicht von diesem unterscheiden. Die früheren Sehnenbestandteile bleiben vollständig erhalten, indem die Kalksalze dieselben nicht verdrängen, sondern bloß imprägnieren. Organische Stoffe besitzen überhaupt die Eigenschaft, Kalksalze aus ihren gesättigten Lösungen niederzuschlagen und an sich zu binden.

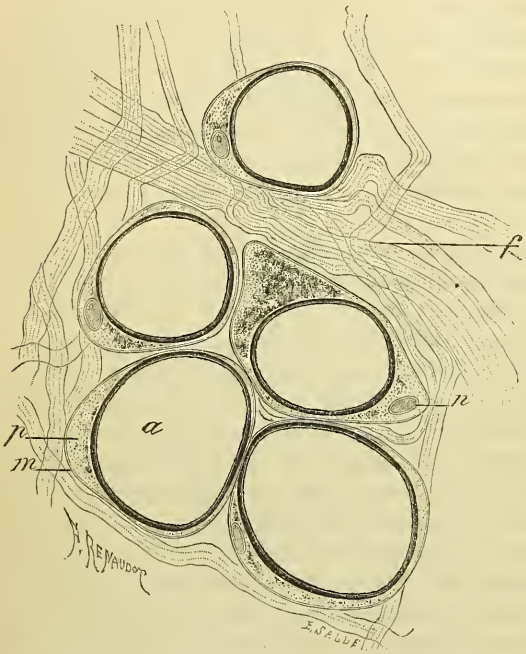


Fig. 191. Unterhautbindegewebe vom Hunde. *a* Fettkugel, *p* Zellenprotoplasma, *m* Membran, *n* Kern, *f* Fibrillenbündel, nach Ranvier.

Eine chemische Verbindung im eigentlichen Sinne scheint nicht vorzuliegen; soviel sich beurteilen läßt, sollte man meinen, der Kalk trete an Stelle des Imbibitionswassers. Das imprägnierte Gewebe wird so vollkommen durchsetzt, daß dünne Querschliffe eine durchaus homogen aussehende Grundsubstanz darbieten; die vorhandenen Strukturen werden erst nach dem Ausziehen der Kalksalze durch Säuren wieder sichtbar. Die Bindegewebszellen bleiben allein von der Verkalkung verschont und erscheinen in der homogenen Masse als feine Spalten. Der Kalkniederschlag findet zuerst in Körnchen- oder Knollenform um die Zellen herum statt und durchdringt allmählich die ganze Masse.

Die fibrillären und die elastischen Fasern des Bindegewebes lassen sich leicht auf chemischem Wege unterscheiden. Das Elastin widersteht der Pepsinverdauung und dem anhaltenden Kochen in siedendem Wasser, während die Collagenfibrillen vom Pepsine verdaut und beim Kochen in Glutin verwandelt werden. Erst beim Erhitzen im Papin'schen Topfe, bei mehreren Atmosphären Druck, wird das Elastin gelöst, ohne aber zu gelatinieren. Es wurden jedoch bedeutende Unterschiede in der Resistenzkraft bemerkt, je nachdem das Elastin seit kurzer oder langer Zeit im Organismus abgesetzt worden war; je älter die Fasern sind, desto unlöslicher werden sie (Krukenberg). Unter dem Mikroskop bringt man die elastischen Fasern mitten im fibrillären Gewebe leicht zur Anschauung, einmal durch Behandlung mit verdünnter Kalilauge, welche das Collagen aufhellt, das Elastin dagegen nicht merklich verändert, und dann noch einfacher durch Färbung mit Eosin, welches am Elastin besser haftet wie am Collagen.

Das Skelet der Echinodermen gehört auch in unsere Gruppe der perigenen Bindegewebe. Bei jungen Tieren zur Zeit der Metamorphose sind die Bildungszellen der Skeletstücke in lockeren Haufen versammelt. In diesen Haufen entstehen die zierlich durchlöcherten Kalkplatten des Skeletes und wachsen mit großer Schnelligkeit nach allen Seiten aus. Der Kalk setzt sich in Gestalt von Trabekeln ab, welche in allen Richtungen ein dichtes Netz bilden, während die von ihnen freigelassenen Räume von den Zellen eingenommen sind. Entfernt man den Kalk durch Säuren, so bildet das Zellgewebe ebenfalls ein Netz, welches dem Kalknetze sehr ähnlich sieht, aber eigentlich das Gegenbild des letzteren darstellt, indem das eine den Lückenräumen des anderen entspricht. Die skeletogenen Zellen sind spärlich verästelt und durch ihre dicken Ausläufer miteinander verlötet. Ihr Gewebe gleicht einem Fischernetze, dessen Knotenpunkte durch die Zellkerne vertreten sind, mit dem Unterschiede jedoch, daß das Zellennetz nach allen Richtungen des Raumes sich gleichmäßig erstreckt. Die Kalksalze werden in einer spärlichen organischen Intercellularsubstanz abgelagert, welche so geringe Dichtigkeit besitzt, daß man sie nur mit Mühe wahrnehmen kann. Es gilt diese Beschreibung für die kompakten Skeletteile der Echiniden und Seesterne. Auf die spezielle Anordnung der Bildungszellen der mannigfach gestalteten Kalkkörperchen der Holothurien kann um so weniger eingegangen werden, als der Gegenstand in histologischer Beziehung noch lange nicht aufgeklärt ist.

Zu den plagiogenen Bindegeweben rechnen wir erstens die Schirm- resp. Körpergallerte freischwimmender Coelenteraten und vieler pelagischen Larven, wie z. B. die Seestern- und Seeigellarven, die Nemertinen- und Balanoglossuslarven, die Embryonen und Jungen der Pteropoden und Heteropoden u. s. w., zweitens den Mantel der meisten Tunicaten, und drittens das echte Knochengewebe der Wirbeltiere.

Plagiogenes Gallertgewebe. Bei den meisten Medusen, bei den Schwimmglocken der Siphonophoren und bei den Rippenquallen wird die Gallertmasse anfangs von den Entodermzellen ausgeschieden und zeigt sofort feine, parallelgerichtete Fasern, welche vom Entoderm bis zum Exoderm hinziehen (Geryonien, Fol). Bei einigen Medusen bleibt die Schirmgallerte zeitlebens in diesem Zustande; bei den höheren Formen dagegen wandern während der Absonderung allmählich Zellen ein, die sich vom Entoderm trennen und sternförmige Gestalten annehmen. Das Wort »Wanderung« soll man wohlbemerkt nicht im Sinne einer aktiven Ortsbewegung, sondern einer passiven durch die Absonderung gegebenen, nehmen. Solche Zellen können durch lange Ausläufer miteinander in Verbindung stehen; diese Ausläufer haben aber mit den Fibrillen, die zwischen den Zellen durchgehen, nichts gemeinsames. Die Schirmgallerte von *Rhizostoma Cuvieri* enthält bloß 1,6 % organische Bestandteile, welche hauptsächlich aus einem leichtverdaulichen Eiweißkörper bestehen (Krukenberg). Bei Molluskenlarven finden sich vielfach

langgestreckte, an beiden Enden durch baumförmige Verästelungen an entgegengesetzte Epithelflächen angeheftete Zellen, welche gleichzeitig die Fähigkeit besitzen, sich zu kontrahieren und eine Gallerte abzusondern.

Der Tunicatenmantel besteht aus mehr oder weniger wasserreichem, aber homogen aussehendem Tunicin. Der vergängliche Mantel der Appendicularien, der dünne Mantel von Doliolum sind bloße Ausscheidungen des Exodermes ohne eingewanderte Zellen. Nimmt dagegen der Mantel eine ansehnliche Dicke und permanenten Charakter an, so treten regelmäßig die absondernden Zellen des Exoderms einzeln und nacheinander in denselben hinein und zeigen dabei polygonale bis sternförmige Gestalten.

Das Knochengewebe der Wirbeltiere wird von den Zellen einer bindegewebigen Membran, die man das Periost nennt, einseitig gebildet. Wir unterscheiden drei Stufen in der Knochenbildung, welche den bereits geschilderten Stufen in der Ausbildung plagiogener Gewebe überhaupt entsprechen, nämlich 1. eine bloße Ausscheidung an der Oberfläche einer Zellenlage (osteoïde Substanz), 2. eine Ausscheidung, worin die secernierenden Zellen Fortsätze treiben (Zahnbeinsubstanz), und 3. eine solche, in welche die Zellen individuell und nacheinander hineintreten und dort eingeschlossen bleiben (Knochensubstanz).

Die erste Stufe findet sich bei vielen Fischen. Manche Acanthopterygier haben röhrenförmige, aus osteoïder Substanz bestehende Skeletstücke. Häufiger noch bieten die Acanthopterygier eine solche Skeletbeschaffenheit an den Flossenstrahlen. Den Hauptfundort für osteoïde Substanz bilden aber die Schuppen bei der großen Mehrzahl der Teleostier.

Die zweite Stufe findet sich bei höheren Wirbeltieren nur noch im Zahnbeine erhalten (Fig. 193 *c*), spielt aber bei Fischen eine große Rolle, denn es gehören hierher die Schuppen, Strahlen und Stacheln der Plectognathen, die Hautstacheln der Selachier und einiger Acanthopterygier, das innere Skelet mehrerer Teleostier.

Die dritte und höchste Stufe endlich findet sich am inneren Skelete der Physostomen, Ganoïden, Sirenoïden und aller höheren Wirbeltiere, an den Flossenstrahlen der Ganoïden, an den Schuppen der Ganoïden, von Lepidosiren, einiger Siluroïden, vieler Characinen und Clupeïden, von *Thynnus* etc. Die Knochenschuppen zeigen öfters eine Kombination von Knochensubstanz mit osteoïder und Zahnbeinsubstanz.

Das Zahnbein nimmt von einer schön cylinderepithelartig angeordneten Zellenlage seinen Ausgang (Fig. 193 *b*). Jede Zelle giebt einen geraden dünnen Fortsatz ab; in der schichtenweise abgelagerten Kalkmasse bleiben dünne Kanälchen bestehen, welche den Zellfortsätzen entsprechen. Bei zunehmender Dicke der kalkhaltigen Grundsubstanz erreichen diese Kanälchen eine bedeutende Länge; sie verlaufen im Allgemeinen gerade und stehen senkrecht auf der Oberfläche des Epithels.

entsenden namentlich an ihrem peripheren Ende öfters dünne Ausläufer, sind aber selten geteilt oder verästelt. Die Bildungszellen des Zahnbeins bleiben auch, nachdem die Kalkabsonderung aufgehört hat, am Leben,

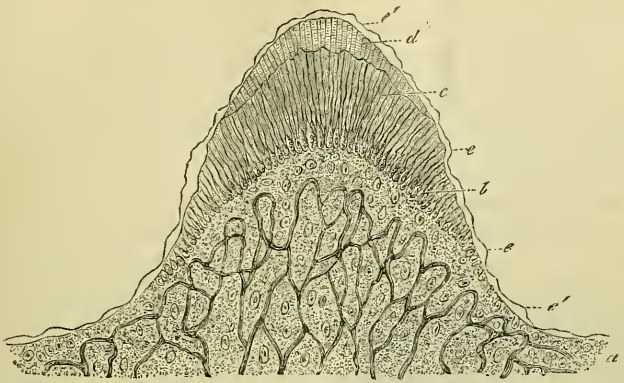


Fig. 192. Keim eines menschlichen Backenzahnes bei beginnender Verkalkung, Vertikalschnitt. *a* Zahnpulpa, *b* Dentinzellen, *c* Dentinsubstanz, *d* Schmelz, nach Frey.

und fungieren weiterhin vermöge ihrer langen Ausläufer als Ernährungszellen der Zahnbeinsubstanz.

Beim echten Knochengewebe wird der Körper der die Kalklagen absondernden Zellen, osteogene Zellen genannt, nach und nach von der abgesetzten Masse umgeben (Fig. 193). In den Schuppen von Lepidosiren sind die Ausläufer dieser Zellen einzeln und gerade gestreckt; die Zellen selbst einfach spindelförmig gestaltet. Sonst sind die osteogenen Zellen überall sternförmig mit verästelten, divergierenden Ausläufern versehen und liegen mit ihrer Längsachse der Oberfläche der Knochensubstanz parallel, anstatt senkrecht auf dieselbe gerichtet zu sein, wie beim Zahnbeine und bei den Lepidosirenschuppen. Die eigentliche Knochenbildung, im schroffen Gegensatze zur Knorpelverkalkung, geht also stets von einer Bindegewebslamelle, dem Periost aus. Es kann nun dieser Vorgang an Stellen stattfinden, wo vorher gar kein festes Gewebe vorhanden war, oder aber am Rande eines Knorpelstückes, welches vor dem anwachsenden Knochen durch Selbstzerstörung schwindet (Gegenbaur). Eine Erklärung des

Fig. 193. Knochen mit Osteoblastenschnitt aus dem Scheitelbein eines fünfmonatlichen menschlichen Embryos, nach Rollett.

phylogenetischen Ursprunges dieser Unterschiede reicht über das Gebiet der mikroskopischen Anatomie hinaus. Wir müssen aber auf die Verschiedenheiten aufmerksam machen, welche beide Entstehungsweisen von Anfang an kennzeichnen. Der rein periostale Knochen erscheint als dünne, spitzenartig durchlöcherte Lamelle und stellt ein äußerst zartes Netzwerk von Kalksubstanz dar. Eine Zeitlang bleibt das primitive Kalkplättchen zellenfrei und gleicht in dieser Hinsicht den osteoïden Platten vieler Fische. Nachher erhält es vom Perioste Verdickungsschichten mit eingestreuten Osteoblasten. In diesem Zustande verbleiben manche dünne Fisch- und Amphibienknochen.

Havers'sche Kanäle. Bei weiterer Ausbildung erheben sich vom Perioste mit Blutkapillaren versehene Fortsätze oder Firste, denen an der Oberfläche des Knochens durch Knochenkämme getrennte Furchen entsprechen. Derartige Knochen bilden zeitlebens den Schädel vieler Fische. Bei einzelnen Ganoïden, namentlich aber bei Sauropsiden und Säugetieren, findet die Verdickung des Knochens gleichzeitig statt durch Zusatz flacher Schichten an der Oberfläche und durch balkenförmige Stollen, welche vom Perioste ausgehen, Blutgefäße und Nerven mit sich führen, und den sogenannten Havers'schen Kanälen den Ursprung geben. Diese Stollen können unter spitzem Winkel vom Perioste ausgehen und in die Tiefe des Knochens dringen; öfters aber, zumal bei Röhren- und Plattenknochen, hebt sich der Havers'sche Kanal als länglicher First in seiner ganzen Ausdehnung gleichzeitig und parallel von der Periostfläche allmählich ab. Bei knorpelig präformierten Knochen der höheren Wirbeltiere gewinnen die Havers'schen Systeme Oberhand und der oberflächliche schichtenweise Zuwachs tritt immer mehr in den Hintergrund.

Fig. 194. Querschnitt durch die Femurdiaphyse des Menschen. *H* Havers'sche Kanäle, *c* Knochenzellen, *s* Zwischensystem mit quergeschnittenen Sharpey'schen Fasern, *p* starke Sharpey'sche Fasern, nach Ranvier.

Ein Havers'scher Gang entspringt als freie, mit Bindegewebszellen umgebene Kapillargefäßschlinge aus dem Perioste; die peripherischen osteogenen Zellen setzen eine hohlcylinderförmige Knochenlamelle ab, welcher weitere Lamellen nach der oben beschriebenen Weise nach einwärts folgen. Der innere Kanal wird immer enger, bis nicht mehr Raum

übrig bleibt, als zum Durchgang der in Fett- und Bindegewebszellen eingehüllten Kapillargefäße und Nervenfäden notwendig ist. Während dieser Vorgänge kann das Havers'sche System durch Verlängerung der mit osteogenen Zellen versehenen Gefäßschlinge weiter wachsen.

Eine schwierige Frage ist die nach dem Ursprunge der osteoblastischen Zellen bei der Verknöcherung eines Knorpelstückes. Der Knorpel wird nämlich durch Vermehrung seiner eigenen Zellen erodiert und in die hierdurch gebildeten Höhlen und Nischen treten die vom Perioste auswachsenden Gefäßschlingen hinein, welche später Havers'sche Systeme abgeben (Gegenbaur). Die vom Perioste stammenden Zellen vermischen sich mit den Teilungsprodukten der Knorpelzellen so, daß man gar nicht mehr weiß, welche von beiden zu den neuen Osteoblasten werden. Neuere Forschungen führen jedoch immer mehr zu dem Schlusse, daß es die Periostzellen sind, welche der Knochenbildung obliegen, und daß die Abkömmlinge der Knorpelzellen zu Grunde gehen.

In den Röhrenknochen des Frosches wird dem Knorpelstücke Knochensubstanz vom äußeren Perioste angelagert; der Knorpel zerfällt alsdann inwendig durch Zellenvermehrung und bleibt nur in unbedeutenden Resten gegen die äußere Knochenlamelle hin bestehen. Es bildet sich nun eine innere Knochenlamelle, welche das Gegenstück bildet zu der periostalen. In diesem Falle scheint diese, innere, Knochenanlagerung von den Abkömmlingen der Knorpelzellen hervorzugehen; da aber vom Perioste her Blutgefäße in den Markraum treten, so ist die Möglichkeit, daß Periostzellen auf diesem Wege eindringen, gegeben. Die Knorpelreste verkalken nachher und verbinden die äußere und innere Knochensubstanz so innig, daß man die Teile verschiedenen Ursprunges nicht mehr unterscheiden kann (Kastschenko).

Die Lebenserscheinungen des Knochengewebes sind nicht so träger Natur wie die des Knorpels. Die Knochenzellen stehen untereinander durch Anastomosen ihrer Ausläufer in Verbindung; daß sie aus den nächsten Blutkapillaren, wenn auch nur mittelbar, Nahrungsstoffe beziehen und zur Unterhaltung ihres kleinen Knochengebietes benutzen, wird am besten durch die verhängnisvollen nekrotischen Störungen bewiesen, welche eine Verstopfung der betreffenden Blutgefäße und den Tod der Knochenzellen nach sich ziehen. Daß die Knochenzellen im lebenden gesunden Knochen absterben und ihre Stelle durch Gase eingenommen werden könne, hat man unbegreiflicher Weise mit allem Ernste behauptet! Solche Ansichten verdienen keine Beachtung. Wir wissen aber recht wenig über die Lebenserscheinungen der im Knochen liegenden Osteoblasten und können nichts zur Lösung der Frage beitragen, ob sie Bewegungen ausführen oder regungslos daliegen; sie scheinen so lange auszudauern, bis der betreffende Knochenteil abstirbt oder resorbiert wird. Es dürften aber, namentlich beim Menschen, wenige Stellen des Skeletes lebenslang unbehelligt liegen bleiben. Die Knochen wachsen bei höheren Wirbeltieren durch Apposition von außen her und werden zugleich inwendig ausgehöhlt. Bei Amphibien scheint keine Knochenresorption stattzufinden (Kastschenko). Ein interstitielles Wachstum der bereits gebildeten Knochensubstanz wird von guten Autoritäten behauptet und von ebensoguten verneint. Sicher ist nur, daß neue Havers'sche Systeme in einen bereits gebildeten Knochen hineinwachsen können. Die Auflösung im Inneren des Knochens und die Bildung der

Markräume geht wiederum von den Havers'schen Kanälen aus. Ist ein Markraum entstanden, so kann von ihm aus Knochenneubildung oder noch öfter Knochenresorption stattfinden.

Die Grundsubstanz des Knochens besteht aus einer organischen Unterlage und imprägnierenden Kalksalzen. Die Kalksalze lassen sich aus dem Knochen durch schwache Säuren nach gehöriger Fixierung vollständig extrahieren und hinterlassen ein rein organisches Substrat, welches an Struktur und Volumen dem ganzen Knochen gegenüber nicht den geringsten Verlust erlitten hat. Durch dieses entkalkte Substrat lassen sich dünne Schnitte ohne Mühe herstellen und nach Belieben behandeln. Es zeigt sich nun, daß in der organischen Grundsubstanz öfters Fasern ihren Verlauf nehmen, unter stumpfen Winkeln an die Oberfläche stoßen, hier umbiegen und mit den Fasern des Periostes sich vermischen. Diese aus Collagen bestehenden Fasern gleichen durchaus denen des fibrillären Bindegewebes; sie sind unter dem Namen der Sharpey'schen Fasern bekannt (Gagliardi, Troja, Sharpey). Manche Histologen behaupten, daß diese Fasern von der allgemeinen Verkalkung der Grundsubstanz verschont seien. Ganz verschieden von diesen großen Fasern ist ein System dünnster Fäserchen, welche in dichten Zügen fast die ganze Grundsubstanz des Knochens ausmachen. Sie verlaufen parallel mit der Oberfläche und bilden deutliche Lagen, indem die Fäserchen einer jeden Schicht die der nächstfolgenden rechtwinklig kreuzen. In den Havers'schen Systemen wechseln Längsfaserschichten mit solchen ab, deren Fäserchen kreisförmig um den Centralkanal verlaufen. Ob die Kalksubstanz diese Fäserchen imprägniert (Kölliker) oder zwischen denselben sich ablagert (v. Ebner), ist noch nicht ausgemacht.

Am nicht entkalkten Knochen kann man Lamellen unterscheiden, welche diesen Lagen entsprechen. Unter dem Polarisationsmikroskop untersuchte Knochenschliffe zeigen schöne, den Havers'schen Systemen entsprechende gefärbte Kreuze, welche von einer einachsigen positiven Doppelbrechung herrühren. Man hat den Versuch gemacht, diese Erscheinung auf eine Beugung der Lichtstrahlen im Gitter der Fibrillen zurückzuführen, aus dem Grunde, weil die positive Doppelbrechung verschwindet, wenn der Schliff in ätherische Öle, Essenzen oder Balsam eingelegt wird, und in Schwefelkohlenstoff sogar einer schwach negativen Doppelbrechung Platz macht (v. Ebner).

Die Knochenzellen liegen in gleicher Fläche wie die Lamellensysteme ausgebreitet; ihre Ausläufer verlaufen dagegen zumeist senkrecht durch die Lamellen. Die Höhlen und Kanälchen, worin diese Zellen und ihre Ausläufer eingepresst sind, besitzen an ihrer Oberfläche ein dünnes Begrenzungshäutchen, welches nicht aus Collagen, sondern aus Keratin zu bestehen scheint (Broesike). Die organische Grundsubstanz eines entkalkten Knochens ist auch sonst in chemischer Hinsicht nicht homogen. Wird ein solcher Knochen durch wochenlanges Auswaschen in kaltem und 50° Wasser ganz entsäuert, und alsdann im Papin'schen Topfe bis zu

130° erhitzt, so löst sich nicht alles auf. Maceriert man den entkalkten Knochen in verdünnter Salzsäure weiter, so werden zunächst die Havers-schen Systeme isoliert erhalten (C. Langer). Diese zerfallen nachher und es bleiben nur die Begrenzungshäute der Havers'schen Kanäle sowie diejenigen der Knochenzellen und ihrer Ausläufer bestehen (Virchow, Fürstenberg & Neumann).

Zusammengesetzte Bindegewebe nennen wir jene Gewebe, wo außer den Bildungs- und Ernährungszellen der Intercellularsubstanz auch noch andere Zellenarten mit gewisser Regelmäßigkeit auftreten. Das fibrilläre Bindegewebe bietet fast das einzige Vorkommen dieser Erscheinung. Wir führen nur die wichtigsten und bekannteren Formen dieser accessorischen Zellen an, deren Verhalten und Bedeutung im Bindegewebe noch lange nicht aufgeklärt sind:

1. Die Pigmentzellen, unregelmäßig sternförmige, mit melaninartigen Körnchen erfüllte Zellen, welche in der Cutis, namentlich bei niederen Wirbeltieren, zahlreich eingestreut sind. Ihre langsamen Bewegungen kann man bei Amphibienlarven durch direkte Beobachtung nachweisen und auch bei anderen Objekten aus ihrem häufigen Vorkommen zwischen den Epidermiszellen vermuten, wohin sie nur durch aktive Bewegungen gelangen können.

Fig. 195. Knochenkörperchen des Menschen aus einem feinen Knochenschliffe, nach Rollett.

2. Die Plasmazellen der Wirbeltiere, polygonale oder unregelmäßig sternförmige Zellen, deren Sarkodeleib etwas stärker und körniger ist wie bei den Bindegewebszellen.

3. Die Mastzellen kommen bei Wirbeltieren an besonders aktiv genährten oder an entzündeten Stellen vor und zeichnen sich durch die starke Körnelung ihrer Sarkode aus. Die Körnchen haben die Eigenschaft, sich unter den gleichen Bedingungen wie die Tuberkelbacillen zu färben und der Entfärbung zu widerstehen. Man kann sie auf solche Weise mit Leichtigkeit inmitten der Gewebe nachweisen und anschaulich machen. Über die Eigenbewegungen der Plasma- und der Mastzellen liegen nur

Vermutungen, keine Thatsachen vor. Ebensowenig ist man über ihre Herkunft und über die Frage, ob sie wirklich zwei verschiedene Zellsorten darstellen, aufgeklärt.

4. Die Kalkzellen, welche bei Mollusken in der Cutis und im sonstigen Bindegewebe vorkommen, könnte man beim ersten Anblick mit den Plasma- oder Mastzellen verwechseln. Sie sind mit Körnchen angefüllt, welche aus einer, mit Kalksalzen imprägnierten, organischen Unterlage bestehen (Joyeux-Laffuie, Brock).

5. Die sogenannten Wanderzellen, über die man recht vieles geschrieben, aber sehr wenig sicheres ermittelt hat. Nicht einmal ihr Verhältnis zu den weißen Blutkörperchen ist aufgeklärt.

Trotz ihres regelmäßigen Vorkommens an gewissen Stellen scheinen diese verschiedenen Zellarten jede einer besonderen Funktion obzuliegen, welche wohl eher dem Gesamtorganismus als dem Bindegewebe, worin sie ihren Wohnort aufgeschlagen haben, zu Gute kommt.

Litteratur.

Lereboullet, Structure intime du foie. Paris 1853. — Bernard, Cl., Ann. d. Sc. Nat. Tome 70 p. 116. 1858. — Gegenbaur, C., Drüsenzellen in der Lungenschleimhaut b. Amphibien. Reicherts Archiv 1863. — Gianuzzi, G., Absonderung des Speichels. Ber. k. sächs. Ges. d. Wiss. 27. Nov. 1865. — Bubnoff, Structur des Knorpels. Sitzber. Wien. Akad. Bd. 57. 1. Abt. 1868. — Eimer, Th., Becherzellen insbes. des Darmcanals. Dissert. Berlin 1867. u. Virchow's Archiv. Bd. 42. 1868. — Heidenhain, R., Speichelabsonderung. Stud. d. physiol. Inst. Breslau. Hft. 4. 1868. — Arnstein, C., Becherzellen, Fettresorption und Secretion. Virchow's Archiv. Bd. 39. 1867. — Schulze, F.E., Epithel- und Drüsenzellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3. 1867. — Heidenhain, R., Bau der Labdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 6. 1870. — Boll, Fr., (Bindegewebe). Arch. f. mikr. Anat. Bd. 7. p. 275. 1871. — Key, A., & Retzius, G., Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. 2 Bde. Fº Stockholm 1875. — Leydig, Fr., Bedeckungen der Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. p. 119. 1875. — Lavdowsky, M., Speicheldrüsen, insbes. d. Orbitaldrüse. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13. p. 281. 1876. — Fürbringer, M., Kopfknorpel der Cephalopoden. Morphol. Jahrb. Bd. 3. p. 453. 1877. — Lavdowsky, M., Speicheldrüsen u. Orbitaldrüse. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13. p. 335. 1877. — Nussbaum, M., Drüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13. p. 721. 1877. — Budge, A., Saftbahnen im hyalinen Knorpel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16. 1878. — Forel, Aug., Giftapparat und Analdrüsen der Ameisen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 30. Supplem. p. 28. 1878. — Leydig, F., Hautdecke und Hautsinnesorgane der Fische. Festschr. Naturforsch. Gesell. Halle 1879. — Pfitzner, W., Epidermis der Amphibien. Morphol. Jahrb. Bd. 6. 1879. — Drasch, O. Regeneration des Trachealepithels. Sitzgsber. Wiener Acad. Bd. 83. Abt. 3. 1881. — Nussbaum, Moritz, Bau und Thätigkeit der Drüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 21. 1882. — Vitzou, A.N., Téguments des Crustacés décapodes. Arch. d. Zool. Exp. Bd. 10. p. 451. 1882. — Barfurth, D., Gasteropodenleber. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 22. p. 473. 1883. — Leydig, Fr., Anatomie und Histologie der Thiere. Bonn 1883. — Raudnitz, R.W., Im Bindegewebe vorkommende Zellen (Mastzellen). Arch. f. mikr. Anat. Bd. 32. p. 228. 1883. — Schiemenz, P., Futtersaft und Speicheldrüsen der Biene. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 38. p. 71. 1883. — Weiske, Zur Chemie des Glutins. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 7. 1883. — Pfeiffer, L., Secret-Vacuolen der Leberzellen.

Arch. f. mikr. Anat. Bd. 23. p. 22. 1884. — Schiefferdecker, P., Schleimdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 23. p. 382. 1884. — Stöhr, Ph., Schleimdrüsen. Würzb. Verhandl. Jahrg. 1884. — Bizzozero, J., & Vassale, G., Verbrauch der Drüsenzellen. Centrbl. f. d. Mediz. Wissensch. Nr. 4 und 11. 1885. — Haliburton, W. D., Chitin as a constituent of Cartilages of *Limulus* and *Sepia*. Quart. Journ. Micr. Sc. Bd. 25. 1885. — Leydig, F., Zelle und Gewebe. Bonn 1885, — Pommer, G., Osteomalacie und Rachitis. Leipzig, Vogel, 1885. — Ranvier, L., Le foie. Journal de Micrographie. passim. 1885 u. folg. — Bedot, M., Cellules urticantes. Rec. Zool. Suisse. Bd. 4. p. 31. 1886. — Broesicke, Grenzscheiden des Knochen-Kanalsystems. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26. 1886. — Frenzel, J., Wimperapparat. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 28. p. 53. 1886. — Kölliker, A., Knochengewebe. Z. f. w. Zool. Bd. 44. 1886. — Langendorff, O., Zuckerbildung in der Leber. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. p. 269. 1886. — Langley, J. N., Mucous salivary glands-Liver-cells. Proc. R. Soc. Bd. 39 u. 40. 1886. — List, J. H., Becherzellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 27. 1886. — Schiefferdecker, P., Vergl. Histologie der Retina. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 28. p. 305. 1886. — Tornier, O., Bürstenbesätze an Drüsenepithelien. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29. p. 181. 1886. — Bizzozero, G., e Vassale, G., Regeneration der Drüsenzellen. Virchow's Archiv. Bd. 110. p. 155. 1887. — Bolles Lee, A., La spermatogénèse chez les Némertiens. Rec. zool. Suisse. Bd. 4. 1887. — Bolles Lee, A., La spermatogénèse chez les Chétognathes. La Cellule. Bd. 4. 1887. — Ebner, v. V., Fibrillen des Knochengewebes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29. 1887. — Kolster, R., Intercellularsubstanz des Netzknorpels. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 29. 1887. — Lahousse, E., Modifications de la cellule hépatique. Arch. de biologie. Bd. 7. p. 167. 1887. — Leonard, A., Leberzellen von Rana. Arch. f. Anat. u. Phys. Physiol. Abt. p. 28. 1887. — Ranvier, L., Mécanisme de la Sécrétion. Journal de Micrographie passim. 1887. — Lavdowsky, M., & Owsjannikow, Ph., Lehrb. d. mikr. Anat. d. Menschen und d. Tiere. Petersburg 1888. — Moszeit, O., Glycogenansatz in der Froschleber. Pflüger's Arch. Bd. 42. p. 556. 1888. — Rabl-Rückhard, H., Fettzellen von eigentümlicher Form. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 32. 1888. — Solger, B., Hyalinknorpel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 31. p. 303. 1888. — Bizzozero, G., Schlauchförmige Drüsen des Magendarmkanals. Atrophie der Fettzellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 33. 1889. — Maas, F., Körniges Pigment im menschlichen Körper. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 34. 1889.

Vierter Abschnitt.

Die inneren Spezialisierungen der Zelle.

Unter Spezialisierungen oder auch Differenzierungen verstehen wir diejenigen Veränderungen der Zellensubstanz, welche, ohne zur Absonderung unbelebter Substanzen zu führen, derselben eine besondere dauernde Gestalt und Struktur verleihen, wodurch sie die Befähigung erlangt, eine der mannigfachen, niederen Zellen zukommenden Funktionen in ausschließlicher und ausgezeichneter Weise zu erfüllen. Eine differenzierte Sarkode zeigt, trotz ihrer besonderen Beschaffenheit, unverkennbare Lebenserscheinungen; sie geht nachweislich aus dem gewöhnlichen indifferenten Protoplasma hervor, hat aber die Fähigkeit verloren, diesen indifferenten Zustand ohne gänzlichen Verlust ihrer Struktur wieder zu erlangen. Die spezialisierten Zellen sind eines fast unbeschränkten Wachs-

tumes fähig; sie können sich aber nicht oder nur in sehr beschränktem Maße vermehren, wenn sie nicht zuvor durch Verflüssigung der differenzierten Teile in den embryonalen Zustand zurückgefallen sind. Bei Protozoen können allerdings spezialisierte Teile, trotz einer fast unbeschränkten Vermehrung der Zelle, fortbestehen, doch ist hierbei zu beachten, dass in diesem Falle die Spezialisierungen keine sehr weitgehenden sind. Außerdem tritt hier auch zeitweise ein Fortpflanzungsmodus auf, welcher das Verschmelzen des Protoplasma und dessen Rückfall in den Zustand der Indifferenz bedingt.

Offenbar wird die Zahl der bekannten Spezialisierungen mit der Zeit und bei genauerer Kenntnis der Zellstrukturen stets zunehmen. Es liegt wohl an unserer Unkenntnis, dass wir die Absonderungsvorrichtungen u. a. noch nicht hierher stellen dürfen. Vorderhand müssen wir uns mit zwei Zellenkategorien begnügen, deren Spezialisierungen nicht bloß funktionell, sondern auch der Struktur nach wohl definiert erscheinen: den Muskelzellen nämlich und den Nervenzellen. Die Geschlechtszellen, die man auch hierher zu rechnen geneigt sein könnte, gehören wegen der temporären und verwickelten Natur ihrer Differenzierungen besser in ein besonderes Kapitel.

Differenzierung und Absonderung sind recht verschiedene Begriffe. Abgesonderte Teile nehmen keinen weiteren Anteil an den Lebenserscheinungen der Zelle und sind von dessen Protoplasma auch in denjenigen Fällen scharf geschieden, wo sie innerhalb der Zelle verbleiben. Spezialisierte Zellteile dagegen behalten immer noch die meisten Eigenschaften der lebenden Sarkode bei, allerdings mit einer ganz besonderen Ausbildung dieser oder jener Eigenschaft. Sie gehören immer noch zur Zelle und gehen in die um den Kern gelagerte Sarkode allmählich über, oder richtiger gesagt, die Sarkode verwandelt sich allmählich an ihrem Rande in die differenzierte Substanz; je älter die Zelle, um so geringer das Protoplasmanest, worin der Kern eingebettet ist. Syncytien kommen, und zwar mit Vorliebe, bei den besprochenen Geweben vor, indem kernhaltige Sarkodehaufen durch eine gemeinsame differenzierte Substanz verbunden sein können. Übergänge kommen auf zwei Wegen zustande; ältere Spezialisierungen können sich allmählich von der Sarkode ganz absondern, jüngere Absonderungen können anfangs als bloße Differenzierungen entstehen.

Kontraktile Spezialisierungen sind die im ganzen Tierreiche am weitesten verbreiteten Differenzierungen der Sarkode. Die Kontraktilität erscheint als eine ziemlich durchgreifende Eigenschaft des lebenden Protoplasma. Nicht nur die Epithelien und die Sinnesendzellen, sondern auch die Bindegewebszellen, Knochenkörperchen, ja sogar die Knorpelzellen können unter Umständen ihre Gestalt verändern und Fortsätze aussenden und einziehen, ganz abgesehen von den Bewegungen, die in allen in der Teilung begriffenen Zellen zu sehen sind. Kommen solche Bewegungen bei höheren Tieren nur selten zur Beobachtung, so ist der

Grund hiervon in der eigentümlichen Schwierigkeit zu suchen, welche die hohen Anforderungen ihrer Gewebe in Bezug auf Nahrung, Atmung und Temperatur einer andauernden Beobachtung ihrer Lebenserscheinungen unter dem Mikroskop entgegenstellen. Bei niederen Metazoen gestalten sich diese Verhältnisse um vieles günstiger und lassen über die größere oder geringere Beweglichkeit der meisten Gewebszellen keinen Zweifel aufkommen. Die größte allgemeine Beweglichkeit erreicht aber die Sarkode bei einzelligen Tieren, bei den Protozoen, und zwar besonders bei den Rhizopoden. Gewisse Acanthocystiden sind mit Pseudopodien versehen, die einer zuckenden Kontraktion fähig sind (Myopodien, Engelmann). Die Spezialisierung beginnt aber eigentlich erst bei den Geißel- und Wimper-Infusorien, denn es kann keinem Zweifel unterliegen, dass der Wimperbewegung besondere, noch unaufgeklärte Strukturen zu Grunde liegen. Bei einzelnen Ciliaten geht sie aber noch weiter, indem kontraktile Fibrillen erscheinen und rasche Zusammenziehungen der betreffenden Teile bewirken; diese, an die glatten Muskeln erinnernden Fäserchen nehmen in der inneren Ektoplasmalage, der Alveolarschicht nämlich, ihren Ursprung und werden als »Myoneme« bezeichnet. Sie sind bei Vorticelliden schon lange bekannt (Engelmann) und treten hier in Gestalt eines längsstreifigen drehrunden Stranges auf, welcher in einer Spirale die Stielröhre durchzieht und an der Basis des Tieres in lauter Fibrillen zerfällt, die sich schließlich noch in feinste Fäserchen auflösen (Bütschli und Schewiakoff). Bei der Zusammenziehung wird die Spirale ganz kurz und zwingt die Stielröhre entsprechende Windungen zu machen. Andere Myonembündel sind am Peristom einiger Infusorien (*Epistylis*, *Opercularia*) nachgewiesen worden. In der Körperwandung anderer Formen findet man isolierte und parallel verlaufende Myonemfäserchen (*Stentor*, *Condylostoma*, *Holophrya*, *Opalina* p. p.), deren Rolle darin besteht, energische Körperbewegungen und allgemeine Gestaltsveränderungen zu bewirken.

Myoblasten oder Muskelzellen nennt man diejenigen Zellen des Metazoenkörpers, welche besondere Spezialisierungen zur Ausführung energischer Kontraktionen erfahren. Diese Specialisierungen bestehen in der Differenzierung einer Anzahl paralleler Fasern auf Kosten oder vielmehr durch Umwandlung der Zellensarkode; letztere wird dabei niemals gänzlich verbraucht, sondern bleibt stets in größerer oder geringerer Menge um den Kern herum erhalten. Bei den Spongien spielt bei den Zusammenziehungen des Tierstockes die allgemeine Kontraktilität undifferenzierter Zellen immer noch die Hauptrolle; spindelförmige, besonders contractile Zellen bilden allerdings starke Züge, namentlich an den Choanen, zeigen aber noch keine unzweifelhaft fibrilläre Struktur (*Tethya*, *Polymastia* Schmidt, Carter, *Aplysina*, F. E. Schulze). Die gleiche Erscheinung verlängerter, in ausgesprochenem Maße kontraktiler Zellen, ohne sichtbare Fibrillenbildung tritt uns bei den Embryonen der höheren Tiere (zumal im embryonalen Herz) entgegen. Abgesehen von diesen Ausnahmen sind

die Gestaltsveränderungen des Körpers, welche aktive Bewegungen zustande bringen, bei allen Metazoen auf jene spezialisierten Zellen übertragen, die man, wie gesagt, die Myoblasten nennt.

Einseitige Myoblasten, d. h. Zellen, deren kontraktile Substanz aus einer einzigen spindelförmigen Faser besteht, welche aus dem Zellenplasma einseitig hervorwächst, kommen bei niederen Metazoen in weiter Verbreitung vor. Bei Hydromedusen namentlich (Eimer), und bei Actinien (Hertwig Fig. 196, II, III und IV) sind mehrfach epitheliale Elemente beschrieben worden, welche aus einer gewöhnlichen, meist bewimperten Ektodermzelle mit Kern bestehen, an deren basalem Teile ein faserförmig ausgezogenes Gebilde von homogenerem Gefüge und stärkerem Lichtbrechungsvermögen, die Muskelfaser nämlich, gelegen ist (Fig. 196, I-IV, *f*). Bei den Echinodermen gehören fast sämtliche Muskelzellen dem eben beschriebenen Typus an, jedoch mit der Einschränkung, dass der protoplasmatische Zellenkörper im Vergleich zur Faser im ausgebildeten Zustande sehr geringe Dimensionen besitzt und die Rolle einer gewöhnlichen Epithelialzelle aufgegeben hat. Bei Anneliden kommen ähnliche Zellen in weiter Verbreitung, namentlich in der Längsmuskulatur vor, neben anderen, etwas komplizierter gebauten Fasern, die weiter unten besprochen werden.

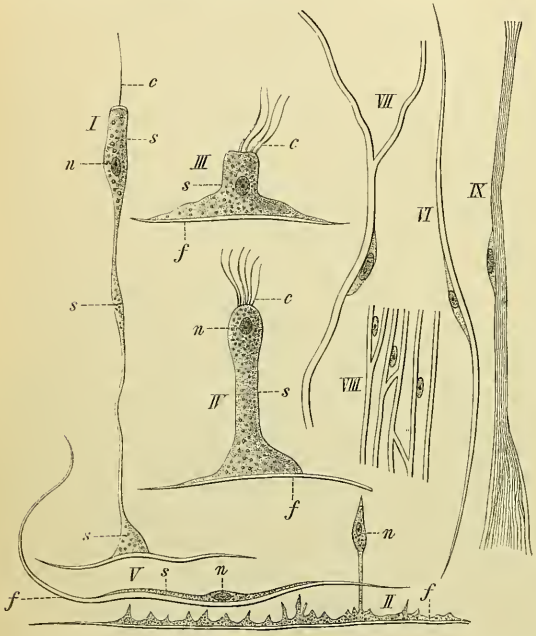


Fig. 196.

I Epithelialmuskelzelle aus dem Septum von *Sagartia parasitica*.
II Epithelialmuskelzelle aus dem Ektoderm des Tentakels von *Cerianthus membranaceus*.
III Epithelialmuskelzelle aus dem Entoderm eines ausgedehnten Tentakels von *Cerianthus membranaceus*.
IV Epithelialmuskelzelle aus dem Entoderm eines kontrahierten Tentakels von *Cerianthus membranaceus*.
V Isolierte radiale Muskelfaser aus dem Ektoderm der Mundscheibe von *Anthea cereus*.
VI Muskelfaser aus der Wandung des Cuvier'schen Organes von *Holothuria impatiens*.
VII Muskelfaser aus einem Saugfüßchen von Solaster papposus.
VIII Anastomosierende Muskelfasern aus der Wandung der Ampulle von *Sphaerechinus granularis*.
IX Muskelfaser eines Stachels von *Spatangus purpureus*, Zupfpräparat.
I-V nach Hertwig, VI nach Jourdan, VII-IX nach Hamann.
n, der Kern der Muskelzelle; *s*, deren Sarkodekörper; *f*, die Muskelfaser, *e*, Flimmerhaare.

Dieser Typus der Muskelzelle hat eine hohe histogenetische Bedeutung in Bezug auf die Frage nach dem ersten Ursprung des Muskelgewebes. Sein Vorkommen bei niederen Metazoen berechtigt den Schluss, dass wir hier die ursprüngliche Form der Muskelfasern vor uns haben und dass der Muskel somit zuerst als Differenzierung der Epithelzellen des Ektodermes und Endodermes auftritt. Bei höheren Metazoen, wo ein Teil des Endodermes zu einem dritten Keimblatte, dem Mesoderme sich gestaltet, wird die Muskelbildung teilweise (Mollusken) oder gänzlich (*Sagitta*, Wirbeltiere), auf die Epithelzellen des Mesodermes übertragen, und es können diese Mesodermzellen sogar ihren epithelialen Charakter gänzlich aufgeben (Wirbeltiere).

Verästelte und mehrkernige Muskelfasern. Bei pelagischen Larven (Rippenquallen, Pteropoden, Gasteropoden, Fol u. a.) zeigen diejenigen kontraktilen Zellen, welche sich einzeln von einer Fläche des Körpers zur entgegengesetzten Fläche hinziehen, an beiden Enden baumförmig verästelte Ansätze an die weiche Körperhaut. Dieses ist eine allgemeine Erscheinung bei der Befestigung von Muskeln an weichen Oberflächen, denn man findet sie bei den höher ausgebildeten Muskeln erwachsener Rippenquallen, ja sogar bei der Befestigung quergestreifter Muskeln am Lippenrande der Säugetiere (Podwyssozky). Die an beiden Enden verästelten Muskelfasern erwachsener Rippenquallen sind wohl die größten ungestreiften Fasern mit seitlich liegendem Kerne, welche im ganzen Tierreiche vorkommen. Sie besitzen eine weichere Achse und eine längsfaltige Oberfläche, welche das Aussehen einer Zusammensetzung aus Fibrillen vortäuschen kann. Die großen Fasern der *Beroë*artigen Ctenophoren können übrigens mehrere Kerne besitzen, sind also als Syncytien, nicht als einfache Zellen aufzufassen. Bei manchen Coelenteraten findet man auch bandförmige Fasern, welche kontinuierlich durch mehrere Myoblaste verlaufen und eine sehr beträchtliche Länge erreichen. Außer den dichotomisch geteilten Fasern (Fig. 196 VII) kommen bei Coelenteraten und namentlich bei Echinodermen zu wirklichen Muskelnetzen anastomosierende Fasern vor, denen hie und da ein Zellenkörper mit Kern anhaftet (Fig. 196 VIII).

Spindelförmige Muskelzellen mit axialem Kerne stellen eine weitere Differenzierung dar, bei welcher die fibrilläre kontraktile Substanz nicht mehr auf eine seitlich ausgebildete Faser beschränkt bleibt, sondern die ganze Zelle röhrenartig umgiebt und nur eine Achse aus undifferenzierter Sarkode, worin der Kern liegt, zurücklässt. Einen Übergang zwischen einseitiger und allseitiger Ausbildung der Fibrillen bietet die Längsmuskulatur des Körpers bei Nematoden dar. Dieselbe besteht aus großen Zellen mit ansehnlichem Protoplasmakörper und Kern. In jeder Zelle ist derjenige Teil, welcher der äußeren Körperbedeckung anliegt, in lauter parallel verlaufende Fibrillen differenziert (Platymyarier), oder die kontraktile Substanz erstreckt sich noch auf die seitlichen Flächen, wo sich benachbarte Zellen berühren (Coelomyarier). Die Fibrillen lassen bei

stärkerer Vergrößerung zwar eingelagerte Körnchen erkennen (Bütschli), besitzen aber keine Querstreifung. Große cylindrische, an beiden Enden zugespitzte Muskelzellen mit dicker kontraktiler Außenschicht und körniger Achse, worin der Kern eingebettet liegt, kommen in weiter Verbreitung im Tierreiche vor; die schönsten Beispiele solcher Muskulatur bieten die Hirudineen und unter den Mollusken namentlich die Cephalopoden. An den Saugnäpfen der schalenlosen Pteropoden sind die radialen Muskelzellen kurz cylinderförmig, und die kontraktile Hülle besteht aus Fibrillen (Fig. 197, *A* und *B*, *f*), die zu mehreren Bündeln innerhalb einer jeden Zelle vereinigt sind (Niemiec). Bei *Dentalium* bemerkt man an den Rändern der Muskelzellen des Fußes kleine Zähnchen, welche mit ähnlichen Erhabenheiten benachbarter Muskelfasern korrespondieren (Fig. 197, *C*, *z*); es sind dies kleine Substanzbrücken, welche die Zellen, vor deren Isolierung durch Zerzupfen, miteinander verbinden (Fol 1885). Diese an die Vereinigung der Epidermiszellen untereinander erinnernde Einrichtung ist auch bei anderen Tierkreisen in der glatten Muskulatur aufgefunden worden (Kultschitzky 1887).

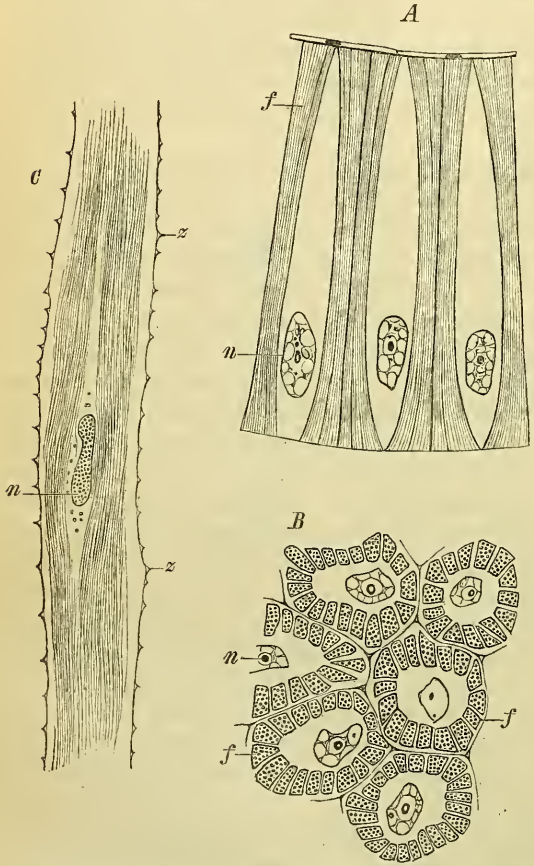


Fig. 197. Glatte Muskelfasern mit innerem Kern von Mollusken. *A* Längsschnitt, *B* Querschnitt durch die senkrechten Muskelfasern an den Saugnäpfen von *Pneumodermon mediterraneum* nach Niemiec. C Muskelfaser aus dem Fuße von *Dentalium entale*, Original-Figur. *f* die Muskelfibrillen, *n* die Kerne, *z* Verbindungsfäden mit benachbarten Fasern.

Die glatte Muskulatur der Wirbeltiere besteht aus spindelförmigen Muskelzellen mit zentralem Kerne und einer die ganze Außenschicht oder sogar den ganzen Inhalt mit Ausnahme des Kernes einnehmenden kon-

traktilen Substanz. Zum Unterschiede von den Wirbellosen, wo keine solche Regel besteht, sind bei Wirbeltieren diese ungestreiften Muskelzellen auf die Verdauungs-, Kreislaufs-, Exkretions- und Geschlechtsorgane, also die vom sympathischen Nervensysteme beherrschten Körperteile beschränkt. Diese Fasern besitzen keine eigentliche Membran, sondern bloß eine zarte dünne Hüllschicht, welche Substanzbrücken zu den benachbarten Muskelzellen aussenden kann (z. B. Darmmuskeln von *Salamandra*, nach eigener Beobachtung). Die kontraktile Substanz bildet innerhalb der Hülle einen spindelförmigen Schlauch, welcher sich nur schwer in Fibrillen zerlegen lässt. Der innere Raum wird von dem mit ausgesprochen fadiger Struktur versehenen Protoplasma eingenommen, in welchem der Kern liegt. Diese Sarkodefäden haben manche Beobachter irrtümlicherweise für Nervenendigungen gehalten; die Sarkode reduziert sich in vielen Fällen fast auf Null.

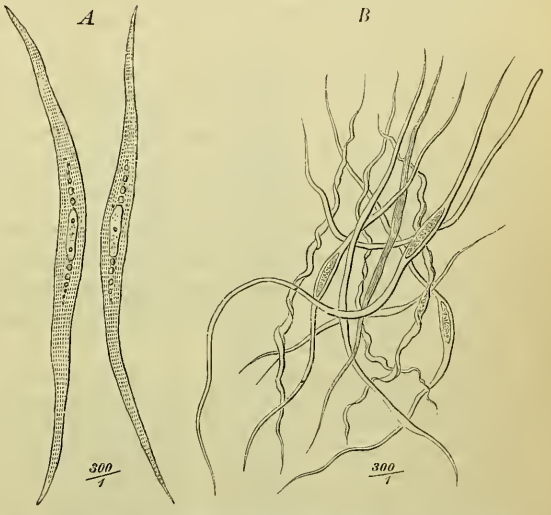


Fig. 198. *A* Glatte Muskelfasern des Menschen mit Serum. *B* Muskelfasern aus der Muscularis des Darmes, mit Salpetersäure isoliert. $^{300}/_{1}$ nach Arnold.

Der fibrilläre Bau der glatten Muskelfasern lässt sich nur mit Hilfe von Reagentien nachweisen und zwar mit Leichtigkeit bei vielen Wirbellosen, z. B. bei Mollusken und Würmern. Bei Wirbeltieren dagegen gehört die Unterscheidung der Fibrillen zu den schwierigen Aufgaben der Histologie und ist ihre Isolierung auf längeren Strecken noch Niemandem geglückt, ein Beweis dafür, dass der fibrilläre Bau in diesem Falle wenig ausgesprochen oder stark verwischt ist. Im frischen Zustande oder nach Einwirkung guter Fixierungsmittel erscheint die kontraktile Substanz glatter Muskeln ziemlich homogen und stark lichtbrechend. Im polarisierten Lichte zeigt sie eine mit Bezug auf die Längsachse des Muskels positive einachsige Doppelbrechung; die Farbenbilder sind aber nicht glatt, sondern fleckig und verworren. Die Fibrillen verlaufen, soweit man dieselben nach einer gelungenen Reagentieneinwirkung zu unterscheiden vermag, in den meisten Fällen zu einander und zu der Längsachse der Faser parallel.

Eine spiralige Anordnung der Fibrillen (sogen. Doppelschrägstreifung)

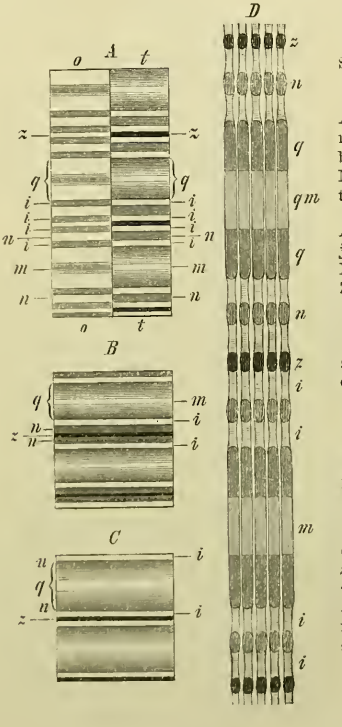
zeigen die spindelförmigen Muskelzellen mit axialem Protoplasma mancher Wirbellosen, jedoch tritt diese Anordnung nicht an allen Muskeln derjenigen Tiere, wo sie vorkommen, auf, sondern nur stellenweise. Als Beispiele können wir die Saugnäpfe von *Polystomum* und von Hirudineen, die Körpermuskulatur von *Arenicola* und *Nereis* (Mettenheimer) sowie einiger Lumbricinen, die Kau- und Rückziehmuskeln vieler Mollusken (G. Wagener, Margo), namentlich aber die Arm- und Saugnapfmuskeln der Cephalopoden (Fol) anführen. Diese sehr eigentümliche Anordnung besteht darin, dass die hohlcylinderförmige kontraktile Substanz der Faser aus Fibrillen zusammengesetzt ist, welche spiralig um die Achse gewunden sind, etwa wie der isolierende Faden um einen elektrischen Leiter. Die Spirale besteht nicht aus einer einzelnen Fibrille, sondern aus einem ganzen Bündel von Fibrillen, die zusammen der Windung folgen. Der Steigungswinkel wechselt mit der Muskelart, namentlich aber mit dem jeweiligen Kontraktionszustande. Bei stark kontrahierten Fasern wird die Steigung so gering, dass man auf den ersten Blick eine Querstreifung zu sehen meint. Stellt man aber das Mikroskop abwechselnd hoch und tief ein, so kann man stets wahrnehmen, dass die Streifen schräg und zwar an dem unter der Achse liegenden Abschnitte im entgegengesetzten Sinne wie an dem hochgelegenen verlaufen, sich also unter einem größeren oder kleineren Winkel schneiden.

Die ersten Beobachter, welche diese Struktur sahen (Mettenheimer, G. Wagener, Margo), haben dieselbe weit richtiger aufgefasst wie ihr Nachfolger (G. Schwalbe), welcher eine unbewiesene Abwechslung doppelt und einfach lichtbrechender Teile annahm und die Doppelschrägstreifung als eine Abart der Querstreifung hinstellte. Dieser Irrtum wurde aber erkannt und berichtigt (Engelmann). Trotzdem werden immer noch manche Muskeln der Mollusken als quergestreift angeführt (*Cymbulia*, *Pterotrachaea*, Paneth; Herz der Cephalopoden, Kaumuskeln der Gasteropoden und Cephalopoden, Müller), welche in der That weiter nichts sind als doppeltschräggestreifte, d. h. glatte Muskelfasern mit spiraliger Windung ihrer Fibrillenschicht (Fol). Das einzige sichere Beispiel von Querstreifung bei Weichtieren bietet ein Teil des Schließmuskels bei *Pecten* und *Lima* (R. Blanchard); alle übrigen Beispiele von Querstreifung bei Mollusken müssen auf die Doppelschrägstreifung bezogen werden.

Unter Querstreifung versteht man eine Zusammensetzung der einzelnen Fibrillen aus verschiedenartigen, scharf abgesonderten und der Länge nach regelmäßig miteinander abwechselnden Substanzen. Die Grenzen dieser Substanzen liegen bei den verschiedenen Fibrillen einer Faser genau in gleicher Höhe, so dass jeder einzelne Abschnitt mit den gleichartigen Abschnitten der anderen Fibrillen eine Art Querscheibe durch die ganze Faser bildet. Bei der ersten Untersuchung des lebenden oder frischen Muskelgewebes fällt diese Scheibenbildung sofort in die Augen und gewisse Reagentien, wie z. B. die Säuren, oder auch das Gefrieren und Wiederauftauen, können diesen Eindruck nur verstärken, indem sie die Faser in Scheiben zerfallen lassen (Fig. 201, *B*). Es darf uns daher nicht Wunder nehmen, wenn so viele Forscher hierin die wesentlichste und ursprünglichste Zusammensetzung der quergestreiften Muskelfaser erblickten. Es bedarf eines eingehenden, namentlich eines ver-

gleichenden und embryologischen Studiums, um die Gewissheit zu erlangen, dass die Fibrille das Konstante und Ursprüngliche ist, die Scheibe dagegen eine weitere Differenzierung darstellt.

Betrachtet man eine quergestreifte Muskelfaser als Ganzes, so sieht man, namentlich schön an Präparaten, die einige Stunden in Alkohol gelegen haben, zwei sich rechtwinkelig kreuzende Systeme von Streifen. Die Längsstreifen verlaufen den Rändern der Faser parallel, durch deren ganze Länge hindurch, die Querstreifen stehen senkrecht auf der Achse der Faser und nehmen so ziemlich deren ganze Breite ein. Die beiden Liniensysteme sind jedoch optisch durchaus verschieden. Während die Längsstreifen aus feinen, zwischen gleichartigen Substanzen verlaufenden Linien bestehen, sind die Querscheiben durch keinerlei Scheidewand voneinander getrennt, bestehen aber aus verschiedenartigen Substanzen. Die einen sind stärker lichtbrechend, die anderen weniger stark; erstere nehmen durch Färbemittel eine dunklere Farbe an, die letzteren bleiben hell. Stellt man das Objektiv hoch ein, d. h. etwas diesseits des Objektes, so erscheinen die stärker lichtbrechenden Partien heller als die anderen (Fig. 199 *A* links); bei tiefer Einstellung sind die Verhältnisse umgekehrt, die stark lichtbrechenden Scheiben also dunkel, die schwach lichtbrechenden um vieles heller (Fig. 199 *A* rechts). Da das Bild bei tiefer Einstellung mit demjenigen gefärbter Präparate übereinstimmt, so wollen wir es im Folgenden allein berücksichtigen. Wir nennen also dunkel diejenigen Partien, welche bei tiefer Einstellung dunkel erscheinen, weil sie das Licht stärker brechen als ihre Umgebung.



Schema der Querstreifung, nach Rollett.

A Querstreifung der Käfermuskeln, *o* linke Hälfte, bei hoher Einstellung des Mikroskopes, *t* rechte Hälfte, bei tiefer Einstellung.

B Querstreifung in denjenigen Fällen, wo die Nebenscheiben dicht an die Zwischenscheiben heranrücken.

C Schema derjenigen Insektenmuskeln, bei denen die Nebenscheiben mit den Querscheiben vereinigt bleiben.

D Fibrillen- und Scheiben-Zusammensetzung einer Muskelfaser von *Osmoderma eremita*.

q die Querscheiben, *z* die Zwischenscheiben, *n* die Nebenscheiben, *m* die Mittelscheibe inmitten der Querscheibe, *i i* die hellen oder isotropen Scheiben.

Fig. 199.

Die Scheiben, Querscheiben und Zwischenscheiben. Nehmen wir die

quergestreifte Muskelfaser als Ganzes, so fallen uns je nach der Stellung der Tiere im Systeme und auch je nach den verschiedenen Organen eines Tieres bedeutende Unterschiede in der Querstreifung auf. Im einfachsten Falle ist nur ein Abwechseln zweier Substanzen, welche geldrollenförmig übereinander liegen, zu bemerken; helle und dunkle Scheiben folgen regelmäßig aufeinander und beide besitzen nahezu gleiche Dicke. Die dunkleren Scheiben haben das Vermögen, das Licht doppelt zu brechen; sie werden daher als anisotrope Scheiben bezeichnet, sind aber allgemeiner unter dem Namen der Querscheiben bekannt (Fig. 199 *q*). Die helleren Abschnitte dagegen zeigen einfache Lichtbrechung, weshalb man sie die isotropen Scheiben benannt hat. In der hellen Scheibe tritt eine dunkle, scharf umschriebene schmale Querlinie auf, welche zuweilen das gleiche Lichtbrechungsvermögen besitzt wie die Querscheibe, in der Regel aber um vieles dunkler ist als diese. Man nennt sie die Zwischenscheibe (Fig. 199 *z*). In gewissen Fällen kann diese Schicht etwas dicker werden, und konnte alsdann an derselben ein geringes Doppelbrechungsvermögen im polarisierten Lichte konstatiert werden (Engelmann).

Man kann aus dem Muskel, am besten durch eine 5% Salmiaklösung (Nasse), eine opalisierende Lösung von Myosin extrahieren, welche zwar nicht doppeltbrechend ist, aber beim Eintrocknen ein stark doppeltbrechendes Täfelchen hinterlässt. Wird die Lösung so lange abfiltriert, bis sie die opalisierende Eigenschaft verliert, so zeigt der trockene Rückstand keine Wirkung auf das polarisierte Licht. Außerdem kann man aus dem Muskel durch Äther eine kleine Menge von doppeltbrechendem Lecithin extrahieren (Schipiloff und Danilewsky). Die Doppelbrechung der Zwischenscheibe widersteht aber diesen verschiedenen Lösungsmitteln (Nasse).

Mittelscheibe und Nebenscheiben. Die im vorigen Paragraph beschriebene Streifung ist die regelrechte, normale, welche in der überaus großen Mehrzahl der Fälle sich findet. Es kann aber eine weitere Sonderung auftreten, in Gestalt von schmalen Schichten, welche sowohl die hellen als die dunklen Scheiben halbieren. Inmitten der Querscheibe erscheint ein ziemlich breites, nicht scharf abgegrenztes Band, welches sich heller als die übrige anisotrope Substanz, aber stets merklich dunkler als die isotrope erweist: es ist dies die Mittelscheibe. Von der übrigen Querscheibe unterscheidet sich die Mittelscheibe nur durch ihr geringes Lichtbrechungsvermögen, nicht aber durch das Verhalten im polarisierten Lichte. Die Doppelbrechung erscheint in gleicher Stärke durch die ganze Querscheibe hindurch, gleichviel ob eine Mittelscheibe vorhanden ist oder nicht (Engelmann).

Die weitgehendste Differenzierung, wie sie uns bei manchen Repräsentanten des Arthropodenkreises entgegentritt, besteht in dem Auftreten zweier dunkler Scheiben, welche sich in der isotropen Substanz zwischen Querscheibe und Zwischenscheibe einschieben. Es sind dies die Nebenscheiben. Ihr relatives Lichtbrechungsvermögen schwankt innerhalb weiter Grenzen, ist aber in der Regel geringer als dasjenige der Querscheiben, also a fortiori geringer wie bei den Zwischenscheiben.

Auch bei diesen konnte unter günstigen Umständen eine schwache Wirkung auf das polarisierte Licht, und zwar, wie bei den anderen dunklen Substanzen des Muskels, eine einachsige Doppelbrechung wahrgenommen werden (Engelmann). Diese Nebenscheiben sind aber der unbeständigste Bestandteil der Muskelfaser; sie fehlen in vielen Fällen, wo Zwischenscheibe und Mittelscheibe deutlich ausgebildet sind. Ihre Zahl ist doppelt so groß wie diejenige der Querscheiben und Zwischenscheiben, und wo sie vorhanden sind, zerfällt jede isotrope Scheibe in vier gleichbreite Stücke. Wie auch die Scheiben beschaffen sein mögen, so hört in der Regel eine jede Fibrille an ihrer Extremität (z. B. an ihrer Insertionsstelle an einer Sehne) mit der Zwischenscheibe auf, ein Beweis, dass jedes Fibrillenglied die von einer Zwischenscheibe zur nächsten reichende Strecke einnimmt (Engelmann). Indem wir die Bedeutung dieser Gliederung für die morphologische Auffassung des quergestreiften Muskels auf später verschieben und die Ursachen der Muskelkontraktion mit den allgemeinen Kontraktionsvorgängen des Protoplasma zugleich an anderem Orte besprechen werden, wollen wir an dieser Stelle nur die Hauptveränderungen der Scheiben im kontrahierten Zustande in Kürze schildern.

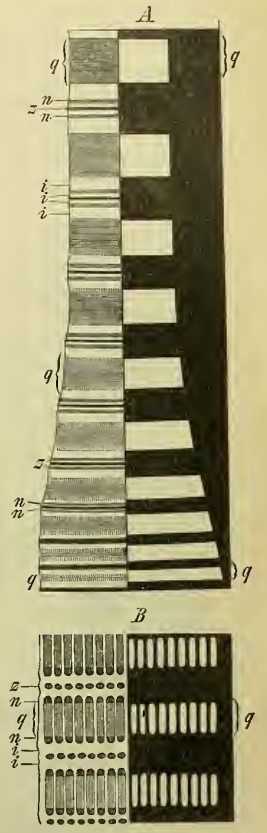


Fig. 200. Quergestreifte Muskeln von Insekten bei einfacher (links) und polarisierter (rechts) Beleuchtung, im gedehnten und kontrahierten Zustande, nach Engelmann. *A* Muskelfaser oben gedehnt, unten eine Kontraktionswelle aufweisend. *B* Muskelfaserportion nach Alkohol-Behandlung bei stärkerer Vergrößerung. *q* Querscheiben, *z* Zwischenscheiben, *i* isotropische Scheiben, *n* Nebenscheiben.

Die Scheiben im kontrahierten Muskel. Bei der Zuckung verkürzt sich die Muskelfaser bis zur Hälfte, oder in extremen Fällen sogar bis zu $^1/_5$ ihrer ursprünglichen Länge; die Dicke nimmt natürlich verhältnismäßig zu, so dass das Gesamtvolumen sich gleich bleibt. Die Scheiben werden alle niedriger und breiter, aber nicht in gleichem Maße. Die hellen Scheiben nehmen so sehr an Höhe ab, dass sie schließlich ganz unsichtbar werden, während Quer-, Neben- und Zwischenscheiben relativ weniger schwinden und sich bis zur gegenseitigen Berührung nähern (Fig. 200 *A*, links unten). Zugleich ändern sich die Helligkeitsverhältnisse sehr wesentlich. Die Querscheiben werden nicht bloß relativ, sondern auch absolut heller, und die früher hellere Mittelscheibe ist zum dunkelsten Teile der Querscheibe geworden. Die Neben- und Zwischenscheiben werden am wenigsten verändert. Es kann

sich bei gewissen Muskeln ereignen, dass in einem bestimmten Kontraktionszustande alle Scheiben annähernd das gleiche Brechungsvermögen besitzen und daher die Faser fast homogen erscheint; eine wirkliche optische Homogenität kommt aber niemals zustande. Geht dann die Zuckung noch weiter, so werden die früher hellen Teile dunkler als die im Ruhezustande dunkel erscheinenden und die Rollen werden in optischer Beziehung vertauscht (Umkehrungsstadium).

Reagentienwirkung auf die quergestreifte Substanz. Das Bestreben, die Muskelfaser durch Reagentien resp. Lösungsmittel in ihre Bestandteile zu zerlegen, hat zur Kenntnis einer ganzen Reihe von Methoden geführt, welche verschiedene Einzelheiten der Struktur zur Anschauung bringen. Die größte Übereinstimmung mit dem Aussehen des lebenden Gewebes zeigen die durch Osmiumsäure, durch Erwärmen auf 50° bis 70° C., oder durch starken Alkohol fixierten Muskeln. Das Erhitzen macht die isotrope Substanz schrumpfen und ein körniges, mehr oder weniger dunkles Aussehen annehmen. Im Alkohol kommt ebenfalls eine Volumverminderung der isotropen Substanz zustande, welche aber, obgleich in geringerem Maße, auch auf die anisotrope sich erstreckt. Das Auffallendste in der Alkoholwirkung ist aber die scharfe Sonderung der Fibrillen, welche kein anderes Mittel so schön zu zeigen vermag (Fig. 201 *A* und *B*). Wasser, verdünnter Alkohol, schwache Kochsalzlösungen, vor allem aber verdünnte Säuren und Alkalien, verursachen sofort eine starke Quellung der Querscheiben, welche bauchig anschwellen, da die hellen und die Zwischenscheiben in weit geringerem Maße die Flüssigkeit aufnehmen. Aus diesem Verhalten lässt sich der Schluss ziehen, dass die Querscheiben wenigstens der Hauptmasse nach

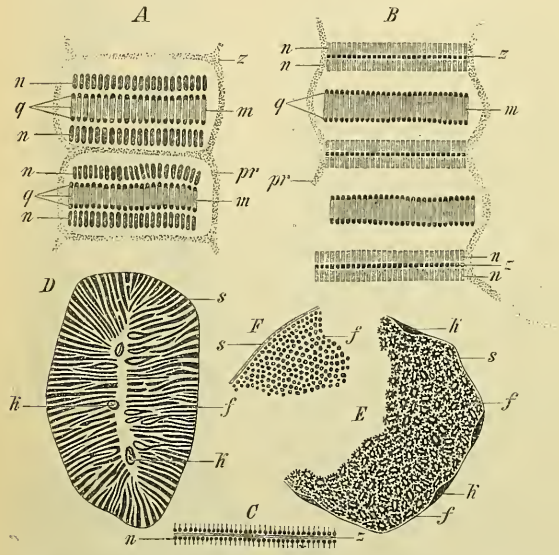


Fig. 201. Scheibenzusammensetzung der quergestreiften Muskeln der Insekten, nach Rollett. *A Hydrophilus piceus*, gewöhnliche Art des Scheibenzerfalles in Alkohol. *B Aphodius rufipes*, seltenere Art des Scheibenzerfalles in Alkohol. *C Staphylinus caesareus*, durch Säurewirkung isolierte Scheibe. *D Dyticus marginalis* und *E Hydrophilus piceus*, Querschnitte von Muskelfasern. *F Aphodius rufipes*, Scheibe von der Fläche gesehen. *q* Querscheibe, *z* Zwischenscheibe, *m* Mittelscheibe, *n* Nebenscheibe, *k* Muskelkerne, *f* Fibrillen, *s* Sarkolemma, *pr* abgehobene Teile des Sarkolemmas.

aus Myosin bestehen. Bei andauernder Einwirkung verdünnter Mineralsäuren lösen sich die Querscheiben allmählich auf, und man kann nun in besonders günstigen Fällen die Zwischenscheiben nebst den Nebenscheiben, wo solche vorhanden sind, isoliert erhalten Fig. 201 *C*). Die Goldchloridbehandlung, sowie die Fixierung mit sauren Flüssigkeiten (Flemming'sche Lösung etc.), sind daher für das Muskelgewebe nicht zu empfehlen, weil die erwähnte Säurewirkung stets in den Vordergrund tritt.

Der Scheibenzerfall ist eine sehr bemerkenswerte Erscheinung, welche eintritt, wenn man ganze Käfer in starken Alkohol einlegt. Unter solchen Umständen schrumpfen die Querscheiben der Käfermuskeln stärker ein als die Zwischenscheiben und das Sarkolemma und können sich von diesen lostrennen. Die Trennung erfolgt in der isotropen Scheibe entweder zwischen Neben- und Zwischenscheibe (Fig. 201 *A*) oder zwischen Neben- und Querscheibe (Fig. 201 *B*). Im ersten Falle erhält man große, aus Neben- und Querscheibe bestehende Cylinder, im zweiten Falle macht sich die anisotrope Substanz als niedrigere Scheiben frei (*B*), während die Nebenscheiben an den Zwischenscheiben haften bleiben. Diese Erscheinung tritt schon nach 24—48stündiger Einwirkung des Alkohols ein, jedoch nicht bei allen Käfern, sondern vorzugsweise bei bestimmten Species (*Aphodius*, *Cicindela campestris*, *Orinocarabus hortensis*, *Brachinus crepitans*, *Dyticus marginalis*, *Hydrophilus piceus*, *Staphylinus caesareus*, *Necrophorus vespillo*, *Dermestes lardarius*, *Lucanus cervus*, *Scarabeus laticollis*, *Melolontha vulgaris*, *Cetonia aurata*, *Elater nigrinus*, *Cantharis rustica*, *Tenebrio molitor*, *Lytta vesicatoria*, *Otiorrhynchus mastix*, u. a. Rollett). Andere Arten zeigen diesen Zerfall nur teilweise, wieder andere niemals oder als seltene Ausnahme. Bei Wirbeltieren wurde der Scheibenzerfall schon von Bowman beobachtet; hier ist er jedoch eine äußerst seltene, unter noch unbekannten Bedingungen eintretende Erscheinung. Diesen Scheibenzerfall der relativ unversehrten Bestandteile einer Fibrille darf man nicht mit der teilweisen Auflösung durch Säuren etc. verwechseln.

Sarkolemma, interfibrilläre Substanz und Zwischenscheiben besitzen manche gemeinsame Eigenschaften, welche dieselben im Gegensatze zu den vorstehend beschriebenen Teilen zu vereinigen gestatten. Über die interfibrilläre Sarkode sind die Ansichten immer noch geteilt. An der abgestorbenen oder durch Reagentien fixierten Faser kann man ohne Mühe zwischen den Fibrillen eine erhebliche Menge einer granulierten Substanz wahrnehmen; es lässt sich aber nicht nachweisen, ob dieselbe nicht durch Ausschwitzung aus den Fibrillen entstanden oder vermehrt worden ist. An der lebendigen Faser dagegen sieht man im optischen Längsschnitt nichts von dieser Substanz, doch darf man ihre wirkliche Abwesenheit nicht ohne Weiteres behaupten: dieselbe könnte ja existieren, aber sich durch homogene Beschaffenheit und gleiches Lichtbrechungsvermögen wie dasjenige der Fibrillen der Beobachtung entziehen. Da aber die Fibrillen einzeln und nacheinander in der Sarkode der Myoblasten-Zellen ent-

stehen, — da man sie schon im Leben unterscheiden kann, was bei gänzlicher Abwesenheit einer Zwischensubstanz nicht der Fall sein könnte, — da ferner ihre Gestalt notwendig Zwischenräume voraussetzt und endlich alle Reagentien mit solcher Konstanz eine Zwischenmasse erscheinen lassen, — so muss aus allen diesen Gründen die Existenz einer interfibrillären Sarkode angenommen werden und kann nur über das größere oder geringere Quantum derselben eine Meinungsverschiedenheit bestehen. Es handelt sich hier selbstverständlich um jene Fibrillensäulen, welche dem ersten Anschein nach aus dichtstehenden Fibrillen ohne Zwischensubstanz bestehen; diese Säulen sind durch leicht sichtbare Spalten voneinander getrennt, welche ganz unzweifelhaft mit Sarkode ausgefüllt sind (siehe weiter unten). Ebenso unzweifelhaft ist die Existenz einer das ganze Fibrillenbündel umhüllenden Sarkodeschicht, welche aber bei den meisten Tieren, zumal bei Wirbeltieren, so ausnehmend dünn ist, dass man sie im lebenden Zustande von den darunter liegenden Fibrillen und der darüber liegenden Membran im optischen Längsschnitte nicht unterscheiden kann. Bei manchen Arthropoden erreicht sie dagegen eine bedeutende Stärke; auf wirklichen Querschnitten, gefrorener Muskeln z. B., kann man diese Hüllschicht sowie die interfibrilläre Substanz stets entdecken. Äußerlich werden die Fibrillen einer jeden Faser durch eine Membran zusammengehalten, die man als Sarkolemma bezeichnet; in vielen Fällen muss man zu Reagentien greifen, um diese Membran darzustellen, welche sich dann mitsamt der darunterliegenden Sarkode — Hüllschicht abhebt. Dabei bleibt sie in der Höhe einer jeden Zwischenscheibe ringförmig an letzterer haften (Fig. 201 *A*, *z*). Wir müssen hieraus den Schluss ziehen, dass die Zwischenscheiben eine innigere Verbindung mit der Hüllschicht und dem Sarkolemma eingehen, als die übrigen Muskelbestandteile, und dass möglicherweise eine größere Ähnlichkeit in ihrer chemischen Zusammensetzung besteht. Die Zwischenscheiben sind ja die resistentesten Teile der Muskelfaser, wie aus dem Umstande zu entnehmen ist, dass sie bei Schrumpfung hervorrufenden Reagentien ringförmig am Rande der Faser hervorragen, etwa wie die Knotenpunkte eines Bambusrohres, in auftreibenden Mitteln dagegen Einschnürungen der Faser hervorrufen. Einige Forscher behaupten, der mittlere Teil der Zwischenscheibe bestehe aus einem Plastinfädchennetze, welches mit dem Sarkolemma zusammenhänge, und andererseits in die senkrechten Wände, welche die Fibrillensäulen von einander trennen, sich fortsetze (Retzius, Bremer). Dabei seien die Nebenscheiben kein integrierender Bestandteil der Muskelfibrille, sondern aus einer Reihe von Körperchen gebildet, welche zwischen den Fibrillen liegen und dem Plastin oder dem Sarkolemmnetze angehören (Retzius). Zu Gunsten dieser Auffassung spricht der Umstand, dass das Pikrokarmin die Nebenscheiben wie die Zwischenscheiben ungefärbt lässt, während die isotropen Abschnitte darin eine gelbe, die anisotropen Teile eine rosarote Färbung annehmen.

Die Gestalt und Anordnung der Fibrillen im Bündel ist eine solche,

dass sie möglichst kleine Zwischenräume freilassen; sie sind bei den meisten Tieren cylindrisch und dicht zusammengepackt (Fig. 201 *F*, *f*). Bei Tunicaten findet man die Ringmuskeln der Salpen aus bandförmigen Fibrillen zusammengesetzt, die in einfacher Reihe dicht nebeneinander auf der Kante stehen, etwa wie die Blätter eines Buches, dessen Rücken nach oben sieht. Die höchste Ausbildung erreicht diese Anordnung am Schwanzmuskel der Appendicularien (Fol). Andere eigentümliche Dispositionen bieten die Muskeln mancher Insekten; so zeigen z. B. die Fibrillen bei *Hydrophilus piceus* einen buchtigen Umriss und eine etwas hellere Achse (Fig. 201, *E*, *f*), diejenigen von *Dyticus marginalis* eine bandförmig abgeplattete Gestalt und radienförmige Anordnung um den Achsenteil der Faser (Fig. 201, *D*, *f*). Bei den Dipteren bilden die Fibrillen zwei oder drei, zuweilen sogar vier wohlgeschiedene Zonen um die Achse herum, deren jede aus einer einzigen Reihe bandförmiger Fibrillenbündel besteht, und zwar sind diese Bänder radiär um den Mittelpunkt, dem sie eine Kante zuwenden, angeordnet. Die Bündel und Zonen sind durch eine etwas stärkere Lage von Interfibrillärsubstanz geschieden. Eine ähnliche radiäre Anordnung, aber ohne concentrische Zonen, findet man bei Knochenfischen, *Acanthias*, und einer Seeschlange (*Platurus* Emery). Noch viel stärker entwickelt ist die Sarkode an den Muskelfasern der Rückenflosse beim Seepferdchen. Sie nimmt mehr als die Hälfte der Querschnittfläche ein, und sind die Fibrillen dergestalt in ihr eingebettet, dass sie auf dem Querschnitt eine unregelmäßig gewundene und unterbrochene Linie bilden (Rollett). Die geringste Entwicklung der interfibrillären Sarkodezüge wird in den Muskelfasern der höheren Wirbeltiere angetroffen; sie umschließen bei diesen Tieren eine Anzahl kleiner Fibrillensäulen und erzeugen auf dem Querschnitte das unter dem Namen der Cohnheim'schen Felder bekannte Bild.

Die Lagerung und Beschaffenheit der Kerne in den Muskelfasern ist sehr mannigfaltig; an der ausgebildeten Muskelfaser sind die Kerne entweder im Achsenteil (Dyticiden, Cicindeliden, Carabiden, Dipteren, Hymenopteren) oder in der äußersten Schicht gelagert (Hydrophiliden, Scarabaeiden, Curculioniden u. a., ferner auch *Hippocampus*, Rollett, weiße Muskeln des Kaninchens, Ranvier) und können außerdem noch zum Teil an der Oberfläche liegen (rote Muskeln des Kaninchens und die meisten Muskeln der Säugetiere überhaupt). Immer liegt der Kern in einer Anhäufung undifferenzierter Sarkode eingebettet, welche allerdings in manchen Fällen in so geringer Menge vorhanden ist, dass ihr Nachweis Schwierigkeiten macht. Bei den Salpen und am Schwanze der Appendicularien bestehen die Muskelfasern aus platten Bändern, deren eine Fläche von einer kontinuierlichen dicken Sarkodeschicht mit netzartiger Struktur (Fig. 203 rechts) eingenommen wird (Fol). In dieser Sarkode liegen nun bei *Salpa* die Kerne in regelmäßigen Abständen eingebettet und bilden eine einfache, ziemlich gerade Längsreihe (Fig. 202 Mittelband). Am Schwanze der Appendicularien besitzt jedes Muskelband

eine doppelte Reihe in der spongiösen Sarkode flachliegender Kerne. Diese sind bei *Fritillaria* (Fig. 203) schon reich verästelt, bei *Oikopleura* geht aber die Verästelung so weit, dass jeder Kern sich in ein Netz auflöst, welches im ganzen Gebiete eines jeden Myoblasten das schwammige

Fig. 202. Muskelbänder von *Salpa democratica* im embryonalen (links) und im erwachsenen Zustande (rechts), und zwar auf die Muskelfaserschicht, auf die Kernnetzschicht und auf die Kerne eingestellt. Original.

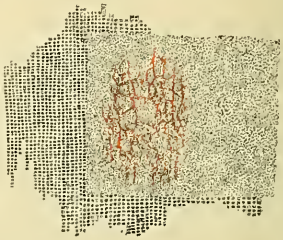


Fig. 203. Muskelband von *Fritillaria furcata* mit den Muskelfasern (links und unten), der Körnerschicht (rechts) und dem Kerne in der Mitte der Figur. Originalzeichnung.

Protoplasma durchsetzt (Originalbeobachtung). Im Übrigen sind die Muskelkerne mit deutlicher Kernmembran versehen und haben gewöhnlich eine oval-abgeplattete Gestalt. Die reine Scheibengestalt oder die länglich drehrunde sind minder häufig. Die Kerne enthalten ein Kernnetz, dessen Hauptbalken senkrecht auf der Länge der Fasern liegen, und können durch diese leiterförmige Anordnung bisweilen eine Art Querstreifung vortäuschen. Eine Muskelfaser kann entweder nur einen Kern besitzen oder deren mehrere, ja sogar Hunderte von Kernen.

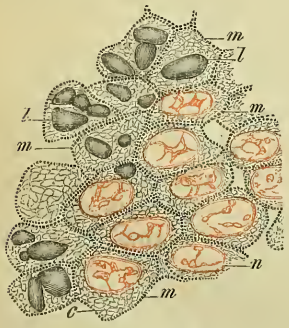


Fig. 204. Querschnitt durch die Rumpfmuskulatur eines fast 7 Tage alten Embryos von *Triton taeniatus*; GRENACHER'S Carmin-Canadabalsampräparat, *m* die neuentstandene Fibrillenzone, *n* die Kerne, *c* das Zellenplasma, *l* Dotter oder Lecithkugeln. Original.

Die embryonale Entstehung der quergestreiften Muskelfibrillen findet in denjenigen Zellen des Embryos statt, welche zur Bildung des Muskelgewebes bestimmt sind, die man aber vor dem Erscheinen der Fasern von anderen embryonalen Zellen schwerlich unterscheiden könnte. In diesen Zellen erscheinen die Fibrillen auf dem Querschnitte als glänzende Pünktchen (Fig. 204 *m*), in der Seitenansicht als ziemlich stark lichtbrechende gerade Fädchen, die in der Richtung des zukünftigen Muskels wachsen. Die Fibrillen treten zuerst in der Bildungszelle vereinzelt auf und vermehren sich, indem neue Fibrillen sich zu den bereits vorhandenen hinzugesellen. Ihre Lagerung ist stets eine periphere; sie können aber entweder rings um den Kern entstehen, in Gestalt eines

Hohlcylinders (Fig. 204 *m*), in dessen Mitte der Kern liegt (Arthropoden und Wirbeltiere im allgemeinen, Fig. 204 *n*) oder nur an einer Seite des Kerns Salpen, *Amphioxus*). Stets liegen die Fasern in der Sarkode eingebettet, auf deren Kosten sie sich bildeten, und verdrängen dieselbe nur allmählich. Die Myoblasten können bereits vor dem Erscheinen der ersten Faser eine ausgesprochene Kontraktilität an den Tag legen; am Herzen der Wirbeltiere wenigstens kann man diese Erscheinung mit Leichtigkeit beobachten. Auch sollen diese kontraktilen Zellen und die Myoblasten der Rumpfmuskulatur beim Hühnerembryo schon vor dem Erscheinen der Fibrillen eine deutliche positive Doppeltbrechung in der Längsrichtung des Muskels, etwa wie glatte Muskelfasern, aufweisen (G. Valentin). Die Fibrillen zeigen sofort bei ihrer Entstehung die charakteristische Querstreifung. Das periphere Auftreten der embryonalen Muskelfasern scheint auch in den Fällen obzuwalten, wo später die Sarkode und die Kerne oberflächlich zu liegen kommen und das Fibrillenbündel röhrenartig umgeben.

Das Verhältnis zwischen Muskelfasern und Myoblasten kann sich sehr verschiedenartig gestalten, und es lassen sich in dieser Beziehung drei Fälle unterscheiden:

a) Die Fibrillen erstrecken sich nicht weiter als bis an die Extremitäten einer jeden Bildungszelle (Herzmuskel der Wirbeltiere, Fig. 205), und wenn diese Zellen sich später teilen, so findet eine vollständige Trennung und Bildung einer Trennungsmembran statt. Solche Muskelfasern sind als einzellige Gebilde zu betrachten, und dennoch bemerkt man, dass die Fibrillen einer jeden Zelle genau gegenüber der Endigung der Fibrillen der nächstfolgenden Zelle sich ansetzen, so dass man eine jede Fibrille, trotz der Unterbrechungen an den Zellgrenzen, durch eine ganze Zellenreihe hindurch verfolgen kann.

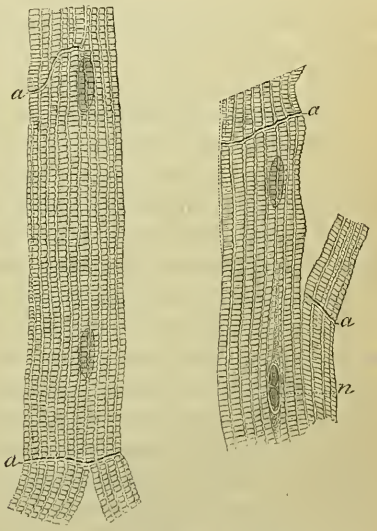


Fig. 205. Muskelzellen aus dem linken Herzohre des Hundes in verdünnter Chromsäurelösung isoliert, Picrocarminfärbung, Ameisensäure-Glycerin-Präparat, *a* Bindemittel zwischen den Zellen, *n* Kern, $^{600}/_{1}$, nach Ranvier.

b) Die Fibrillen entstehen innerhalb einzelliger Myoblasten und überschreiten die Grenzen derselben nicht. Der Kern dieser Zellen teilt sich aber zu wiederholten Malen, und es geht eine lange Reihe von Kernen daraus hervor, die in der Achse der immer länger werdenden Zelle liegen. Die Fibrillen halten mit der Verlängerung der Zelle gleichen Schritt: es tritt aber nicht einmal die Andeutung einer der Kernteilung

entsprechenden Zellenteilung auf (Rumpfmuskulatur der Batrachierlarven und möglicherweise auch die intervertebrale Muskulatur aller höheren Wirbeltiere). Solche Muskelfasern sind als Syncytien zu betrachten, welche aus der unvollkommenen Teilung einer Zelle hervorgehen.

c) Die Myoblasten ordnen sich zu Längsreihen, und die Muskelfibrillen dringen bei ihrer Entstehung kontinuierlich durch alle Zellen einer Reihe hindurch; dabei verschmelzen die Glieder einer Reihe in so inniger Weise miteinander, dass man ihre Grenzen nicht mehr nachweisen kann (Insekten nach Weismann mit Ausnahme der Flugmuskeln, *Amphioxus* Hatschek, Salpen Fol). Eine jede Faser stellt ein Syncytium dar, welches nicht einer unvollständigen Zellteilung, sondern einer Zellenverschmelzung seine Entstehung verdankt. Sollte es sich herausstellen, dass in einigen Fällen die Myoblasten jeder Reihe aus der Teilung je einer Embryonalzelle hervorgehen, so würden sich diese Fälle allerdings sehr nahe an die sub *b* angeführten anschließen. Beim späteren Wachstum der Fasern findet auch in diesem Falle stets eine Kernvermehrung, ganz wie bei den Muskeln der vorigen Kategorie, statt.

Übergänge von der glatten zur quergestreiften Muskulatur sind eigentlich nur in einem Falle bekannt, und zwar am Herzmuskel der Wirbeltiere. Indirekte Übergänge, wobei der gleiche Muskel bei nahe verwandten Tieren einmal glatt, das andere Mal gestreift sein kann, gehören zu den häufigen Erscheinungen bei Wirbellosen. Es ist ferner ein folgenreicher und überaus wichtiger Umstand, dass die glatten und quergestreiften Fasern der Wirbellosen, sei es an verschiedenen Stellen des gleichen Tieres, oder an gleicher Stelle bei nahe verwandten Tierarten, stets die nämliche Gestalt und das nämliche Verhältnis zu den Myoblasten zeigen. Hieraus ergiebt sich für die Frage nach dem Ursprunge der quergestreiften Muskeln der bedeutungsvolle Schluss, dass die quergestreiften Muskeln bei Wirbellosen kein Gewebe eigener Art sind, sondern aus den gleichen Elementen, nämlich aus Zellen und Fibrillen bestehen, wie die glatten Muskeln, doch mit dem Unterschiede, dass ihre Fibrillen eine mikroskopisch nachweisbare Sonderung in optisch und chemisch verschiedene, in alternierender Reihenfolge gelagerte Portionen erfahren haben. Im Herzmuskel der Wirbeltiere kann man aber den Übergang direkt an einer einzelnen Zelle auffinden. Es besteht nämlich das Endocardium aus glatten, die Herzwandung dagegen aus gestreiften Muskelfasern. Letztere gehen aber aus spindelförmigen kontraktilen Zellen des Embryos hervor und bewahren bei Fischen und Amphibien zeitlebens diese spindelförmige, an glatte Muskelfasern erinnernde Gestalt. An der Grenze zwischen Endocardium und Herzmuskel findet man nun bei allen Wirbeltieren Übergangsformen, welche den Namen ihres Entdeckers Purkinje tragen. Die Purkinje'schen Zellen sind nur in der oberflächlichen Schicht in quergestreifte Fibrillen differenziert; das Innere (Endocardium) ist auch fibrillär und kontraktil, aber ungestreift.

Interessant in anderer Beziehung ist der an der radialen Muskulatur

des Schlundkopfes bei Anneliden aus der Familie der Syllideen beobachtete Übergang. Während nämlich bei vielen Repräsentanten dieser Familie (*Gnathosyllis* z. B.) sich nur glatte Muskeln an dieser Stelle finden, bieten andere Arten (*Syllis nigropunctata*) ähnliche Fasern mit so außerordentlich grober Querstreifung, dass in der ganzen Faserlänge bloß zwei Querscheiben und eine einzige Zwischenscheibe existieren. Bei *Syllis kinbergiana* und noch mehr bei *Syllis corruscans* herrscht eine etwas engere, aber im Verhältnis zu anderen Tieren immer noch außerordentlich breite Querstreifung (Haswell).

Die Annahme Haswell's, die quergestreiften Fasern der Syllideen entsprächen einem ganzen Bündel der glatten Fasern von *Polynoë*, widerspricht so sehr allen bei anderen Tieren gemachten Erfahrungen, dass wir dieselbe bis auf Weiteres für eine irrtümliche halten müssen.

Die quergestreiften Muskeln bei Wirbellosen (mit Ausnahme der Arthropoden) bieten in der Regel einfachere Formen der Querstreifung. Unter den Cölenteraten zeigen die freischwimmenden Formen quergestreifte Muskeln, aber nur an bestimmten Körperstellen. Die Medusen besitzen an der unteren Schirmfläche zwei Muskellagen, nämlich ein System von radiären Fasern, die sämmtlich ungestreift sind, und ein System circulärverlaufender durchweg gestreifter Fasern, — wenigstens ist dieses bei den bisher speziell auf diesen Punkt hin untersuchten Formen der Fall (*Pelagia* Kölliker, *Aurelia aurita* und *Sarsia* F. E. Schulze, *Carmarina* Hertwig). Die Muskulatur an den Fangfäden einiger Siphonophoren (*Agalmopsis*) und einer Rippenqualle (*Deiopeia*), sowie die Glockenmuskeln von *Diphyes* (Béraneck) zeigen das gleiche Verhalten. Bei Echinodermen findet sich die Querstreifung nur an wenigen Stellen des Körpers, und zwar an den Muskeln der Mundpedicellarien und der stiletförmigen tridaktylen Pedicellarien der Seeigel (Beddard, Hamann). Bei den Bryozoen, und zwar vornehmlich den Süßwasserformen (*Alcyonella*), hat man am großen Rückziehmuskel eine Querstreifung beschrieben (Allman), welche andere Beobachter jedoch in Abrede stellen (Nitsch). Bei den Mollusken sind quergestreifte Muskeln zu wiederholten Malen von verschiedenen Forschern (M. Müller, Keferstein, Margo, Wagner, Paneth) beschrieben worden. Diese Angaben sind aber alle irrtümlich und lassen sich auf missverstandene doppeltschräggestreifte, glatte Muskelfasern zurückführen (Engelmann), allerdings mit einer einzigen Ausnahme. Es betrifft diese einen Teil des Schließmuskels einer Muschel, *Pecten* nämlich, wo eine exquisite Querstreifung auftritt (R. Blanchard). Eine besondere Form der Querstreifung bietet an gleicher Stelle die naheverwandte Gattung *Lima*. Unter den Würmern sind recht wenige Beispiele wirklicher Querstreifung bekannt (einzelne Muskeln der Rotatorien, bei Turbellarien die Muskeln am Vorderende und am Proboscidenrüssel von *Mesostomum rostratum*, Graff, der glockenförmige Uterus von *Echinorhynchus*, Leuckart, gewisse Muskelzüge bei einigen Anneliden, z. B. *Protula intestinum*, Jourdan). Nur eine Klasse der Würmer giebt es, bei welcher die Muskulatur

vorherrschend und in sehr ausgesprochenem Maße eine typische und zwar, wegen der großen Tiefe der Scheiben, besonders deutliche Querstreifung zeigt: es ist dieses die Klasse der Chaetognathen.

Die einfache Schrägstreifung ist eine besondere Form der Querstreifung, die man bei wenigen Wirbellosen antrifft, bei *Lima* (Fol) und bei *Nephtys scolopendroïdes* (Emery), also bei einer Muschel und einem Anneliden. Die Scheiben sind in diesem Falle nicht quer, sondern etwas schräg auf die Längsachse der Fibrillen gerichtet, und zwar so, dass gleichnamige Scheiben bei benachbarten Fibrillen nicht in gleicher Höhe, sondern in gleicher Flucht liegen. Es entsteht auf diese Weise ein Liniensystem, welches die Fibrillenrichtung schräg schneidet. Da aber immer nur eine gewisse Anzahl von Fibrillen auf diese Weise zueinander passen und mit anderen Fibrillengruppen alternieren, deren Schrägstreifung in entgegengesetzter Richtung steigt, so entstehen Zickzackfiguren in bunter Kombination.

Diese wirkliche Schrägstreifung darf man nicht mit der künstlichen Erscheinung verwechseln, die man durch unvorsichtiges Zerren an nicht oder ungenügend fixierten quergestreiften Fasern hervorrufen kann.

Die quergestreiften Muskeln der Chordaten (Tunicaten und Wirbeltiere) lassen sich in zwei Abteilungen unterbringen, nämlich erstens die einkernigen und einzelligen Fasern, welche den Herzmuskel ausschließlich zusammensetzen, und zweitens die mehrkernigen Fasern (Syncytien), aus welchen alle der Willkür unterliegenden Muskeln bestehen. Die übrigen Muskeln, d. h. diejenigen, welche dem sympathischen Nervensysteme gehorchen, sind ja, mit Ausnahme derjenigen des Herzens, bei den Chordaten alle glatt. Diese auf einem physiologischen Merkmale beruhende Einteilung erleidet einige Ausnahmen, denn einmal ist die Körpermuskulatur der erwachsenen festsitzenden und geselligen Tunicaten aus glatten Fasern zusammengesetzt, was mit der tiefen Rückbildung des Nervensystems und der geringen Aktivität dieser Tiere zusammenhängt, und zweitens scheinen einzelne quergestreifte Muskelpartien der höheren Tiere dem vorwiegenden Einflusse des sympathischen Nervensystems zu unterliegen, z. B. die Lymphherzen der Amphibien, einige kleine Muskeln an den Sinnesorganen, ferner die gestreiften Fasern am Oesophagus der Säugetiere, die Magenmuskulatur von *Cobitis fossilis* und die ganze Darmmuskulatur der Schleie (Leydig).

Der Herzmuskel ist quergestreift bei den Chordaten. Bei Tunicaten besteht die Herzwandung aus einer einzigen Lage bandförmiger Fasern, welche durch ihre Bänder verbunden und senkrecht zur Richtung des Blutstromes, also quer, gelagert sind. Jede Faser ist mit einem ihr flach aufliegenden Kerne versehen, welcher in eine Sarkodeschicht eingebettet ist. Bei den Wirbeltieren, natürlich mit Ausnahme des kein Herz besitzenden Amphioxus, bestehen die Wände, sowohl diejenigen der Vorhöfe als jene der Ventrikel, aus lauter einkernigen Muskelzellen; zwei- bis dreikernige kommen allerdings auch vor, bilden aber eine Ausnahme. Die Sarkodehäufchen, worin die Kerne liegen, sind meistens recht ansehnlich,

namentlich während der späteren Embryonalentwicklung, und befinden sich an einer Seite der Muskelzellen, deren übriger Inhalt aus den quergestreiften Fibrillen besteht, oder aber in der Mitte der einen Fläche, wenn die Faser, wie es häufig der Fall ist, eine abgeplattete Gestalt besitzt. Die Fibrillen sind kräftig und leichter zu unterscheiden als an den großen mehrkernigen Fasern der übrigen Muskeln. An der einen Extremität gegabelte Zellen kommen im eigentlichen Herzfleische häufig zur Beobachtung, mehrmals geteilte, verästelte Formen dagegen recht selten. In solchen Fällen verbindet sich jeder Zipfel je mit einer anderen Muskelzelle. Untersucht man eine Reihe von Embryonen eines höheren Wirbeltieres auf die Bildung dieses Gewebes hin, so findet man längere Zeit hindurch immer nur spindelförmige oder gegabelte Zellen mit ansehnlichem Kerne und körnigem Protoplasma ohne jede fibrilläre Differenzierung. Diese Zellen

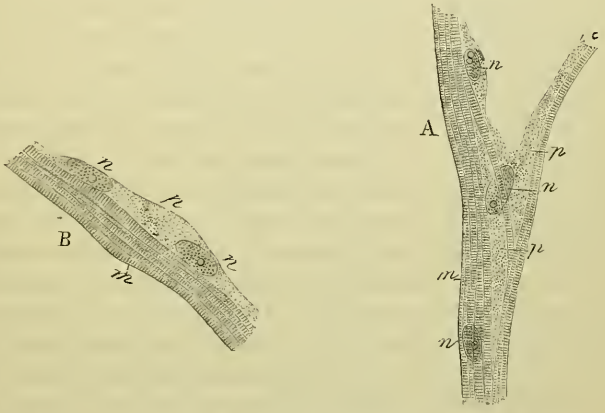


Fig. 206. Bruchstücke aus dem hinteren lymphatischen Herzen von *Rana viridis* durch interstitielle Einspritzung von 1% Osmiumsäure und 36% Alkohol, zu gleichen Teilen, isoliert, *n* Kern, *p* Protoplasma, *m* kontraktile Substanz. $^{500}/_{1}$, nach Ranvier.

sind dennoch in hohem Grade kontraktil, wie es ja die Beobachtung des Herzschlages zur Genüge beweist. Dabei vermehren sich diese Zellen durch wiederholte Teilungen, und es zeigt sich auch eine diffuse, auf die ganze Sarkode gleichmäßig verteilte Doppelbrechung des Lichtes. Erst spät (beim menschlichen Embryo in der fünften Woche) erscheinen hie und da die Fibrillen mit ihrer Querstreifung. Diese ist so weit ausgebildet, dass man hin und wieder, obgleich nur schwer, eine Zwischenscheibe und Andeutungen einer Mittelscheibe in der Querscheibe unterscheiden kann. Trotzdem nun die Zellen deutlich von einander abgegrenzt sind, so durchziehen dennoch die Fibrillen dem Anscheine nach ununterbrochen eine ganze Reihe derselben. An kleinen Fetzen sieht man sowohl am erwachsenen wie am embryonalen Herzen, wie die Fibrillen einer Zelle denen der folgenden genau entsprechen, so dass, wenn man sich

die Zellenmembran wegdenkt, eine Kontinuität der Fibrillen bestehen würde. Dieses äußerst bemerkenswerte Verhalten stimmt mit dem der Keratinfasern in der verhornten Epidermis überein und deutet auf Verbindungen der Zellen untereinander durch Porenöffnungen in ihrer Membran. Eine doppelt konturierte Membran kann man allerdings an den Herzmuskelzellen nicht nachweisen, wohl aber eine oberflächliche Verdichtung der die Fibrillen einhüllenden Sarkode. Etwas abweichend vom Herzmuskel ist derjenige der lymphatischen Herzen der Amphibien gebaut. Die Zellenterritorien sind weniger scharf abgegrenzt, ja stellenweise zu wirklichen anastomosierenden Syncytien verbunden (Fig. 206), und hier lässt sich das Verhalten der durchlaufenden Fibrillen (*m*) mit besonderer Deutlichkeit verfolgen.

Die quergestreiften Muskeln der Tunicaten, namentlich die ringförmigen Muskeln am Körper der Salpen und von *Doliolum*, sind ein schönes, bisher ganz unbeachtet gebliebenes Objekt. An den halbausgebildeten Knospen dieser Tiere sieht man lange bandförmige Syncytien mit einer einzigen Reihe flacher Kerne, die in regelmäßigen Abständen gelagert sind. Später zeigen sich die quergestreiften Fibrillen, welche durch die ganze Länge des Bandes sich erstrecken, aber nur eine einfache Schicht an der der Pharynxhöhle zugewendeten Fläche des Bandes bilden; die äußere Fläche dagegen wird von einer netzförmig strukturierten Sarkode eingenommen, in welcher die Kerne eingebettet liegen (Fig. 202). Am Schwanze der Appendicularien liegen die Kerne ebenfalls der Körperoberfläche zugekehrt und zeigen die obenerwähnte seltsame Verästelung. Die kontraktile Substanz des Schwanzmuskels der Appendicularien besteht aus einer Menge bandförmiger Fibrillen, welche der Flachseite des Muskelbandes die eine Kante zuwenden und wie die Blätter eines Buches dicht aneinander gepresst sind. Es wollte uns nicht gelingen, diese Bänderchen noch weiter in fadenförmige Fibrillen zu zerlegen, daher müssen wir die Bänderchen selbst als große abgeflachte Fibrillen ansehen. Die Querstreifung lässt die Zwischenscheiben, namentlich bei Salpen, mit großer Deutlichkeit erkennen, während die Mittelscheiben am besten bei Appendicularien zu sehen sind.

Die quergestreiften willkürlichen Muskeln der Wirbeltiere bestehen im ausgebildeten Zustande aus enorm großen Syncytien, die man im gewöhnlichen Sprachgebrauche als Primitivfasern, Primitivbündel etc. zu bezeichnen pflegt. Wir nennen sie einfach die »Fasern«. Eine jede Faser besteht aus Hunderten von Fibrillen mit einer großen Anzahl eingestreuter Kerne und stellt ein cylindrisches Gebilde dar, welches, in vielen Fällen wenigstens, von einem Ende des Muskels bis zum anderen reicht und beim Menschen durchschnittlich 5—10 cm, zuweilen aber mehr als 12.3 cm Länge erreichen kann (Felix). An seinen beiden Extremitäten läuft der Muskel in wirkliche Sehnen aus, was nur bei Wirbeltieren der Fall ist. Der Übergang des quergestreiften Muskelgewebes in das Sehnengewebe ist kein allmählicher, sondern ein schroffer, indem die

etwas verjüngte Faser durch eine, in 30 % Kalilauge lösliche Kittsubstanz mit der Sehne verlötet ist. Das Sarkolemma bleibt bei dieser Behandlung mit dem Sehnengewebe verbunden. Die Sarkodemenge um die Kerne herum, an der Oberfläche und zwischen den Fibrillen ist bei Wirbeltieren so gering, dass, zöge man andere Tiere nicht vergleichend in Betracht, man öfters der Versuchung nachgeben könnte, ihre Existenz zu bezweifeln. Auf Querschnitten kann man aber immer wenigstens diejenigen interfibrillären Sarkodezüge sehen, welche die Umgrenzung der Cohnheim-schen Felder bilden. Eine gemeinsame Membran um das ganze Syncytium, das sogenannte Sarkolemma, wird stets angetroffen. Die Fibrillen entstehen entweder im Kreise um die Kerne der Myoblasten herum (Amphibienlarven, Säugetierembryonen) oder einseitig (*Amphioxus*, Hatschek). Zur Zeit der ersten Entstehung der Fibrillen können die Myoblasten einzellig sein und die Kerne sich nachträglich vermehren (Rückenmarksmuskeln der Amphibienlarven, Götte), oder die Fibrillen erstrecken sich durch eine Reihe von Myoblasten hindurch (*Amphioxus*, Extremitätenmuskeln der höheren Wirbeltiere). Bei *Petromyzon* sind die Fibrillen besonders locker untereinander verbunden und leicht zu isolieren, was möglicherweise von einer geringen Festigkeit der interfibrillären Substanz herrühren kann. Manche Säugetiere sind mit zwei verschiedenen Muskelarten versehen, den roten und den weißen, die man beim Kaninchen zuerst zu sondern lernte. Sie unterscheiden sich einmal durch die Lagerung der Kerne und der Sarkodeanhäufungen, indem weiße Muskeln dieselbe im Inneren der oberflächlichen Schicht gelagert haben, rote Muskeln einen Teil der Kerne nach außen, zwischen Sarkolemm und Muskelsubstanz verlegt zeigen. Außerdem besitzen die roten Muskeln eine minder regelmäßige Querstreifung, wogegen die Längsstreifung bei ihnen deutlicher zu sehen ist. Im großen Ganzen zeigt die rote Varietät eine viel weitere Verbreitung in der Wirbeltierreihe, sowohl bei Fischen und Sauropsiden (wo ihnen allerdings die rote Farbe abgeht) als bei Säugetieren. Bei vielen Wirbeltieren kommen aber beide Muskelarten vermischt vor, indem verschiedene Fasern des gleichen Muskels der einen und der anderen Varietät angehören; es findet sich diese Mischung z. B. beim Frosche (Grützner) und sogar auch beim Menschen. In funktioneller Hinsicht verhalten sich beide Arten etwas verschieden, indem die weißen Muskeln eine mehr plötzliche, die roten eine etwas langsamere und dafür dauernde Kontraktion aufweisen. Die Querstreifung lässt bei Wirbeltieren nur mit Mühe die Zwischenscheiben erkennen. Ob Mittelscheiben jemals vorhanden sind, erscheint zweifelhaft; von Nebenscheiben ist aber in diesem Tierkreise nirgends eine Spur zu sehen. Die

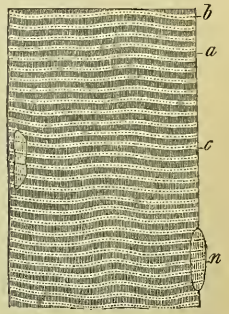


Fig. 207. Abschnitt aus einer Faser des Adductor longus des Kaninchens, *a* Querscheibe, *b* Zwischenscheibe, *c* helle Scheibe, *n* Kern. $^{700}/_{1}$, nach Ranvier.

Scheiben sind übrigens sehr dünn, wodurch für die Beobachtung der Einzelheiten größere Schwierigkeiten erwachsen.

Die Muskeln der Arthropoden weisen die höchste Ausbildung der quergestreiften Muskelsubstanz auf, und gebührt in dieser Beziehung den Arthropoden der erste Rang im Tierreiche. Hier sind alle Muskeln ohne Ausnahme, auch die des Darmes sowie diejenigen der Glieder, mit exquisit ausgebildeter Querstreifung ausgerüstet. Die Zwischen- und Mittelscheiben sind fast in allen Fällen äußerst prägnant, und die Nebenscheiben lassen sich bei den meisten Arten nachweisen, besonders schön bei denjenigen, wo die Scheiben hoch sind und wenn die Fasern vor der Fixierung gehörig gestreckt waren. Es kommen aber überall Stellen und Fasern vor, wo die Nebenscheiben nicht zu sehen sind, weshalb einige Forscher dieselben für etwas Inkonstantes und Unwesentliches halten. Die Membran der Muskelfaser, das sogenannte Sarkolemma, ist stets mit Leichtigkeit zu demonstrieren und die unter derselben liegende Sarkodeschicht meist in bedeutender Stärke vorhanden. Die interfibrilläre Sarkode lässt sich im allgemeinen besser unterscheiden als bei Wirbeltieren, und eine aus Protoplasma bestehende Achsensubstanz ist in denjenigen Fällen, welche eine axiale Kernreihe zeigen, in ansehnlicher Ausbildung vorhanden. In anderen Fällen bilden die Fibrillen ein axiales Bündel, welches von einer starken, röhrenförmigen Sarkodelage mit Kernen umgeben ist (edriophtalme Krustentiere, Köhler). Eine besondere Erwähnung verdienen diejenigen Arthropodenmuskeln, bei denen die Fibrillen in Bündel vereinigt sind, welche eine etwas stärkere Lage von Interfibrillärsubstanz von einander scheidet. Solche zusammengesetzte Formen zeigen meistens zugleich auf dem Querschnitt eine radiäre oder radiärfiederförmige Anordnung der Bündel um die Sarkodeachse herum (*Dyticus* Rollett, Fig. 201 *D*). Bei den Dipteren bilden die Fibrillenbündel zwei, zuweilen sogar drei bis vier konzentrische Kreise, deren jeder durch Sarkodelagen von den anderen getrennt ist und aus regelmäßig radiär gestellten baumförmigen Bündeln besteht. Verästelte, miteinander anastomosierende Fasern kommen am Arthropodendarme, namentlich an der Oberfläche der Darmblindsäcke, vor. Die Extremitäten der Körper- und Gliedermuskeln inserieren sich entweder direkt auf den Chitinpanzer, oder sind mit demselben durch Lamellen verbunden, welche aus Chitin bestehen; das echte Sehnengewebe fehlt durchaus, und kurze aus Bindegewebe bestehende sehnenartige Ansätze sind eine seltene Ausnahme.

Eine ganz eigene Stellung nehmen die Flugmuskeln der Insekten ein. Sie bestehen aus Fibrillenbündeln ohne Sarkolemma, denen die Kerne locker und oberflächlich anliegen (Viallanes). Bei gewissen Arten meint man allerdings, trotz der Abwesenheit eines Sarkolemma, wahre Fasern mit radiär gestelltem Protoplasma und Kern zu erkennen (Ciaccio). In den meisten Fällen liegen aber die Fibrillenbündel getrennt in einer körnigen, von Tracheen durchsetzten Masse und es fehlen im ausgebildeten Zustande die Anhaltspunkte zur Erklärung des Baues der Fasern im Lichte der Zellentheorie. Mit den zur Zeit vorliegenden Angaben über die embryonale Entstehung dieses eigentümlichen Gewebes lässt sich ebensowenig die Aufgabe lösen. Während für die übrigen

Muskeln der Arthropoden eine Entstehung der Fibrillen in der äußeren Sarkodeschicht der embryonalen Syncytien angenommen wird, soll bei den Flugmuskeln das Fibrillensystem bündelweise zwischen den Zellen, nach Art der Bindegewebsfibrillen, entstehen (Weismann, Viallanes). Ein solcher Vorgang stimmt zu wenig mit unseren Erfahrungen über Muskelbildung bei den übrigen Tieren überein, um so ohne weiteres angenommen zu werden. Es sei übrigens bemerkt, dass aus den vorliegenden Angaben durchaus nicht klar hervorgeht, ob die vermeintlichen Zellen des myoblastischen Gewebes nicht als Kerne, die vermeintliche Interzellularsubstanz nicht als Protoplasma der Myoblasten zu deuten sind.

Die Verteilung der Muskelgewebsarten, d. h. des glatten und des quergestreiften Muskelgewebes und ihrer Abarten auf die großen Abteilungen des Tierreiches wollen wir noch einmal kurz zusammenfassen: Bei Cölenteraten und Echinodermen findet man bandförmige Fasern mit seitlichem Protoplasma und Kern; die meisten sind ungestreift, es tritt aber echte Querstreifung stellenweise auf, und zwar an solchen Organen, die einer plötzlichen Zusammenziehung fähig sind. Die gleiche Leistung können aber auch Muskeln erfüllen, die bloß aus glatten Fasern bestehen. Bei Mollusken sind spindelförmige Myoblasten mit zentralem oder seitlich verlagertem Kerne und Protoplasma ganz vorherrschend; Querstreifung ist eine seltene Ausnahme, dagegen eine spiralige Drehung der Fibrillen sehr häufig. Das gleiche gilt von den Würmern, wo jedoch die Querstreifung häufiger auftritt. Bei Arthropoden findet man einzig und allein mehrzellige quergestreifte Fasern. — Bei den Chaetognathen, den Tunicaten und den Wirbeltieren ist die glatte und die quergestreifte Muskulatur von gleicher Wichtigkeit und beide verteilen sich auf verschiedene Organe, so dass die mit einer trägeren Zusammenziehungsfähigkeit begabten aus glatten einzelligen Fasern, die einer schnellen Kontraktion fähigen aus mehrkernigen gestreiften Fasern bestehen. Bei Wirbeltieren ist im allgemeinen die quergestreifte Muskulatur der Willkür unterworfen, wogegen die glatten Muskeln dem sympathischen Nervensysteme gehorchen; diese Regel erleidet aber auch Ausnahmen, denn im oberen Teile des Oesophagus beim Menschen, in seiner ganzen Ausdehnung beim Kaninchen, am ganzen Darme bei *Cobitis* kommen quergestreifte Muskelfasern vor, welche der Willkür nicht unterworfen sind. Die Herzmuskulatur besteht in der ganzen Wirbeltierreihe aus gestreiften einzelligen Myoblasten. Der Arthropodendarm mit seinen gestreiften Muskeln, die so überaus geschwind bewegten Arme der Cephalopoden mit ihrer glatten Muskulatur beweisen, dass nicht bloß physiologische, sondern auch phylogenetische Ursachen bei der Verteilung der verschiedenen Muskelarten ihren Einfluss ausüben.

Lebenslauf der Muskelfasern. Die beim Embryo höherer Wirbeltiere in oben auseinandergesetzter Weise entstandenen Muskelfasern vermehren sich während des postembryonalen Wachstumes entweder gar nicht oder ganz unbedeutend (Riedel). Die Vergrößerung des Muskels ist auf Rechnung des Faserwachstumes, nicht aber einer Faservermehrung zu stellen. Es wäre aber dennoch denkbar, das mit der Zeit einzelne Fasern zu Grunde gingen und durch neugebildete ersetzt würden. Ein solcher

Vorgang ist auch von gewisser Seite behauptet, nicht aber durch Thatsachen genügend bewiesen worden. Abgesehen von der Ausbesserung zufälliger Beschädigungen oder Defekte kann ein Untergang und eine Neubildung von Muskelfasern durchaus nicht als wahrscheinlich hingestellt werden. Es stützt sich diese Annahme einer beständigen Neubildung von Muskelsubstanz nur auf die bei fast allen quergestreiften Muskeln konstatierte Anwesenheit besonderer Bildungen, die man Muskelspindeln (W. Kühne) genannt hat. Es handelt sich hier um kurze, meistens cylinderförmige Fasern, deren jede mit einem (seltener zwei) unverhältnismäßig großen Nervenansatz versehen ist. Die Größe desselben wird durch mehrere übereinander liegende Membranen bedingt, welche die Nervenaustrittsstelle umgeben. Über Ursprung und Bedeutung dieser »Muskelspindeln« sind wir aber noch im Dunkeln. Etwas bestimmter dürften die unter dem Namen ihres Entdeckers als Weismann'sche Fasern bekannten Gebilde auf eine Faservermehrung hindeuten. Es sind dies Fasern, deren Kerne eine starke Vermehrung erfahren und sich in Längsreihen angeordnet haben. Eine Neubildung von Muskelfasern auf embryonalem Wege ist beim Erwachsenen niemals nachgewiesen worden. Anders steht die Sache da, wo ein Substanzverlust im Muskel ersetzt werden soll. In der Umgebung des Traumas vermehren sich die Kerne anfangs durch anchonische, später durch kinetische Teilungen und ersetzen das Fehlende, indem die vorhandenen Fasern im leeren Raume auswachsen und verwachsen. Bei glatten Muskeln findet eine starke Vermehrung der Muskelzellen statt, und zwar vornehmlich in Folge der ein paar Tage nach der Verletzung anhebenden kinetischen Teilung. Ist der Substanzverlust zu groß, so vermögen die benachbarten Muskelgewebe nicht denselben zu ersetzen, und es entsteht eine bindegewebige Narbe. Sonst gehören Kernteilungen bei glatten Muskelfasern zu den Seltenheiten. Es wäre bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft zwar gewagt, einen langsamen Verbrauch und Ersatz der Muskelelemente durchaus zu leugnen, noch gewagter aber einen solchen Vorgang auf Grund der vorliegenden Thatsachen als bewiesen dahinstellen.

Technisches. Zur vorläufigen Orientierung über die Struktur der glatten Muskulatur nehme man ein Stückchen von der Harnblasenwandung des Frosches, der Ratte oder des Kaninchens und lasse es kurze Zeit in 30% Kalilauge macerieren; hierauf wird eine möglichst kleine Portion auf dem Objektträger unter der Lupe zerzupft und mit Zugabe eines Tröpfchens der gleichen Flüssigkeit mit dem Deckglase bedeckt. Vergleichsweise mag man andere Stückchen aus den gleichen Organen in einem Gemisch von Salpetersäure und Glycerin 24 Stunden lang liegen lassen und in reinem Glycerin zerzupfen. Die erhaltenen Bilder sind klar, aber bedeutend verändert. Hierauf schreite man zur Präparation mittelst weniger tief eingreifender Methoden, des Macerierens in Drittelalkohol, oder in Chromsäure von $^1/_4$ bis 1 pro mille, mit Zugabe von etwas Essigsäure, oder in 2 bis 4% Lösungen von Ammonium bichromicum. Nach 24 bis 48 Stunden lassen sich die Fasern ohne Mühe auseinander bringen und in beliebiger Weise färben. Schneller kommt man zum Ziele, wenn man nach Engelmann's Vorschlag die frischen Fasern in mindestens 8% Lösungen neutraler Alkalisalze (Kochsalz, Chlorkalium, Salpeter, schwefelsaures Natron) bringt und sofort untersucht. Die fibrilläre Struktur ist anfangs sehr prägnant, verwischt sich aber recht schnell.

Letztere Methoden eignen sich zur Untersuchung der Protoplasma- und Kernverhältnisse der quergestreiften Muskelfasern; will man jedoch die Querstreifung studieren, so müssen alle sauren und alkalischen Fixierungsmittel vermieden werden. Die lebensfrischen Muskelteilchen werden in 90% Alkohol oder durch Erhitzen auf 60° bis 70° Celsius fixiert und dann erst auf ihr Verhalten gegen verschiedene Reagentien geprüft. Als indifferent sind nur eiweißhaltige Zusatzflüssigkeiten zu betrachten, namentlich unverdünntes Eiweiß. Weniger eignen sich das Jodserum und die Glaskörperflüssigkeit, welche beide zuviel Wasser enthalten. Das Isolieren der Fibrillen gelingt am besten nach Fixierung in 90% Alkohol durch 1 bis 2tägige Maceration in $^1/_3$ Alkohol. Lässt man die macerierten Teilchen noch einen Tag in Hämatoxylin liegen, welches man mit Alaunlösung sehr stark verdünnt hat, so lockern sie sich soweit, dass man sogar die stark verfilzten Muskelmassen der Cephalopoden und mancher Würmer leicht auseinander bringt. Die Zwischen-, Mittel- und Nebenscheiben sind bei manchen Tieren mit enggestreiften Muskeln nicht ohne Dehnung der Muskelfasern zu sehen. Es gelingt diese Dehnung am besten an kleinen Portionen, die man noch lebensfrisch in gesättigte wässerige Lösung der Benzoësäure eingelegt und einige Stunden darin maceriert hat (O. Nasse).

Zur Untersuchung im polarisierten Lichte eignen sich in Alkohol fixierte und durch sorgfältiges Zerzupfen isolierte Fasern. Um die Fasern nicht mit den Nadeln zu verletzen, darf man sie nur an den Extremitäten des herausgeschnittenen Stückchens mit den Nadeln anfassen und auseinander zerren. Man wähle etwas dicke Fasern, die man vor dem Druck des Deckgläschens mittelst untergelegter Papierstreifen oder Haare schützt und in Glycerin oder Kanadabalsam aufbewahrt.

Historisches und Nomenklatur. Die Querlinien an gestreiften Muskelfasern scheinen Goodfellow und Lealand zuerst bemerkt zu haben. Einen Zerfall in Scheiben hat zuerst Bowmann beschrieben, und weil dieser Zerfall an Alkoholpräparaten eintrat, so kann man daraus schließen, dass die Bowmann'schen »Disks« aus den Querscheiben bestanden. Den Zerfall durch Säuren, wobei die erhaltenen Scheiben aus den Zwischenscheiben, eventuell mitsamt den Nebenscheiben, bestehen, hat man lange Zeit hindurch mit dem Bowmann'schen Zerfall verwechselt. Rollett hat aber beide zu unterscheiden gelehrt. Die Felder, die man auf dem Querschnitt gehärteter Muskelfasern sieht, werden schlechthin als Cohnheim'sche Felder bezeichnet. Viele Autoren werfen diese Felderung zusammen mit dem Bilde, welches die quergeschnittenen Muskelfibrillen bieten. Diese Auffassung der Cohnheim'schen Beschreibung ist jedoch durchaus unrichtig, denn man kann sich durch Vergleichung seiner Figuren mit den abgebildeten Objekten vermöge der heutigen Hilfsmittel leicht überzeugen, dass die Felder Cohnheim's in den meisten Fällen ganzen Fibrillenbündeln und nur ausnahmsweise bei Insektenmuskeln mit sehr dicken Fibrillen diesen letzteren entsprechen. Unter dem Namen der Kästchen versteht man einen Begriff, den Krause im Zusammenhange mit einer heutzutage als verfehlt erkannten und verlassenen Theorie in die Wissenschaft einführte. Der Muskel sollte nach dieser Theorie aus trommelförmigen Kästchen mit flüssigem Inhalt bestehen. Boden und Deckel eines jeden Kästchens sollten die Zwischenscheiben darstellen, die cylinderförmige Seitenwand eine rein hypothetische Membran, welche jede einzelne Fibrille umhüllen sollte. Der Inhalt des Kästchens war als eine Flüssigkeit aufgefasst, worin ein fester Körper suspendiert wäre, nämlich die Querscheibe. Die isotrope Substanz ist keine Flüssigkeit, die Fibrillen besitzen keine Membran, und somit fällt die ganze Theorie zusammen. Die isotropen und anisotropen Substanzen erhielten diese Namen nach Brücke's Entdeckung von der Verschiedenheit in ihrem Verhalten im polarisierten Lichtstrahle. Rollett nannte letztere die Hauptsubstanz, erstere die Nebensubstanz, und es sind diese Bezeichnungen immer noch hie und da im Gebrauch. Polarisierende Eigenschaften wurden dem Muskel im allgemeinen schon von Boeck zugeschrieben. Die Querscheiben hat schon Bowman gesehen und als *sarcous elements* bezeichnet. Die Mittelscheiben scheint Hensen zuerst gesehen zu haben. Die Zwischenscheiben und die Nebenscheiben hat bereits

Brücke bemerkt. Die jetzige Nomenklatur stammt zum Teile von den ausgezeichneten Arbeiten Engelmann's. Was die Hypothesen von der Molekularstruktur der anisotropen Substanz betrifft, so hat Brücke kleine Teilchen supponiert, die er Disdiaklasten nannte, Engelmann dagegen mit noch kleineren Molekularelementen spekuliert, den Inotagmen. Es würde uns zu weit führen, diese etwas heiklen Hypothesen hier auseinanderzusetzen. In neuerer Zeit sind mehrere Schriften erschienen, welche alle darauf ausgehen, die Strukturerscheinungen quergestreifter Muskeln durch die Annahme eines rechtwinkligen Netzes feinster Fädchen zu erklären. Hiermit wäre aber noch lange keine Erklärung gewonnen, sondern höchstens ein auch für gewisse andere Zellsorten giltiger Gesichtspunkt der Beurteilung. Da diese Versuche jedoch nur in dem Ziel übereinstimmen, sonst aber die verschiedensten Wege einschlagen, so können wir in denselben bloß das Resultat einer gleichen vorgefassten Meinung erblicken. Unsere an besonders günstigen Objekten vorgenommenen Nachuntersuchungen zwingen uns, gleich Rollett, diesen neueren Bestrebungen gegenüber eine durchaus ablehnende Stellung einzunehmen. Haben wir diese Arbeiten im Texte unberücksichtigt gelassen, so geschah dieses nicht aus Unkenntnis derselben, sondern absichtlich, weil wir zur Ansicht gelangten, dass dasjenige, was jene Schriften Richtiges enthalten, nicht neu, was sie Neues enthalten, nicht richtig sei.

Die nervösen Gewebe sind diejenigen, welche als Vermittler zwischen Empfindungen und Bewegungsimpulsen dienen, und bei höherer Ausbildung auch Vorstellungen, Überlegung und Willen als eigene Funktionen entwickeln. Diese Leistungen, in rudimentärer Form, können schon einzellige Wesen erfüllen; hierüber lässt die Beobachtung lebender Infusorien und Rhizopoden keinen Zweifel aufkommen. Aber auch den Zellen höherer Tiere, was auch ihre spezielle Funktion sein möge, kann man die Fähigkeit, Empfindungen und Bewegungsimpulse zu leiten, nicht absprechen. Es handelt sich dabei offenbar um eine allgemeine Eigenschaft der lebenden Sarkode; nicht nur die Protozoen, sondern auch die Spongien (und manche Pflanzen, darunter sogar höhere) bieten das Schauspiel von nervösen Funktionen, welche ohne irgendwelche diesbezügliche Spezialisierungen des Zellenprotoplasmas erfüllt werden. Eine solche tritt erst bei den eigentlichen Cölenteraten auf; es liegt aber in der Geringfügigkeit der anatomischen Veränderungen, welche die Zellenelemente zur Leitung nervöser Impulse befähigen, dass uns die ersten Anfänge der Spezialisierung in dieser Richtung entgehen müssen. Bei höheren Cölenteraten: Medusen, Rippenquallen, Röhrenquallen, Actinien, ja sogar bei einzelnen Hydroïden lassen sich folgende Elemente als wahrscheinlich nervöser Natur anführen: 1° Sinnesepithelien, d. h. Epithelzellen, an denen Einrichtungen erkennbar sind, welche den Empfang äußerer Eindrücke bezwecken, und deren Zellenleib mit feinen, in die Tiefe ziehenden Fasern zusammenhängt. An gewissen Stellen können solche Epithelien eine Ausdehnung und Mächtigkeit erlangen, welche mit der mutmaßlichen Empfindung in keinem Verhältnisse stehen und möglicherweise die Rolle eines Centralorgans spielen, z. B. die aborale Platte der Rippenquallen (Fol) und der Schirmrand der craspedoten Medusen (Hertwig) — 2° sternförmige, multipolare Zellen, welche unter der Epidermis und unter dem Endoderm (v. Lendenfeld) liegen und durch ihre Ausläufer mit mehreren anderen Zellen, Epithelien oder Muskelfasern, sowie miteinander kom-

munizieren (Actinien [Hertwig], Medusen und Röhrenquallen an bestimmten Körperstellen) — 3° feine, oft variköse, Fädchen ohne wahrnehmbare innere Struktur, welche in verschiedenen Richtungen, namentlich aber unter dem Exo- und Endoderme verlaufen und hie und da in Verbindung mit den sub 1° und 2° angeführten Zellen gefunden wurden.

Sind bei Echinodermen die Nervenfasern leichter aufzufinden, weil sie zu Bündeln, d. h. zu wirklichen Nerven vereinigt sind, so haben dagegen die Nervenzellen ein so wenig typisches Aussehen, dass man über ihre Lagerung noch nicht einig werden konnte. Bei einzelnen Gattungen scheinen sie sogar immer noch zugleich als Epithelien zu fungieren.

Ganglien und Nerven treten in typischer Form erst bei den bilateralen Evertebraten und den Wirbeltieren auf. Die Ganglien sind Sammelpunkte für nervöse Zellen, und von ihnen gehen die Nerven nach anderen Ganglien oder zur Peripherie an andere Gewebsarten ab. Die Ganglien sind von zweierlei Art: die zentralen und die peripherischen. Die zentralen Ganglien, welche das zentrale Nervensystem zusammensetzen, entstehen beim Embryo aus dem Ektoderm durch Einstülpung oder Delamination, und die Ganglienzellen derselben sind direkte Abkömmlinge von ektodermalen Zellen. Es ließen sich somit diese Organe phylogenetisch von ektodermalen nervösen Platten ableiten, wie sie bei Rippenquallen und Medusen angetroffen werden. Die peripherischen Ganglien dagegen zeigen große Unterschiede in Ursprung und Beschaffenheit. Einige derselben stammen, wie das zentrale Nervensystem, aus dem Ektoderme (Ganglienzellen der Wirbeltierretina), andere aus Ektodermzellen peripherischer Gebiete (ganglienartige, unter den Sinneszellen liegende sogen. Basalzellen, z. B. an den Geruchsorganen der Arthropoden u. a.), die meisten aber scheinen aus dem Mesoderme oder dem Mesenchyme durch Spezialisierung hervorzugehen (Herz-, Darm-, Muskelganglien). Bei *Sagitta* ließ sich diese verschiedene Herkunft der Ganglien direkt nachweisen (O. Hertwig).

Fig. 208. Multipolare Ganglienzellen aus der hypodermalen Schicht von *Velella*. Originalzeichnung.

Die **Nerven** bestehen aus Nervenfasern, welche vermittelst bindegewebiger Hüllen bündelweise vereinigt, parallel und isoliert nebeneinander von einem Ganglion zum anderen oder zur Peripherie verlaufen. Die Nervenfasern sind dünne fadenförmige sehr lange Ausläufer, welche direkt oder indirekt aus den Ganglienzellen hervorgehen und als bloße

Teile dieser Zellenelemente zu betrachten sind. Diese Ausläufer treten aber nur in seltenen Fällen gleich nach ihrem Abgang aus den Ganglienzellen in die Nerven hinein; sie müssen in der Regel eine Strecke weit durch das Ganglion ziehen, oder von einer Ganglienzelle zur anderen sich begeben, oder endlich in ein Gewirr feinster Fädchen sich verlieren, aus welchen erst die Nervenfasern hervorgehen. Dieses Gewirr nennt man die Punktsubstanz, weil sie auf Querschnitten wie punktiert aussieht; die Nervenfaserzüge nennt man weiße Substanz, die Gruppen von Ganglienzellen graue Substanz. Die Ganglien des Zentralnervensystems bestehen in der Regel aus einer, einen Teil der Oberfläche einnehmenden, grauen Substanz und einer inneren weißen Substanz. Im zentralen Nervensystem der Wirbeltiere sind aber diese Verhältnisse stellenweise umgekehrt, z. B. am Rückenmark. In anderen Fällen springen die Ganglienzellen aus der Oberfläche der Ganglien traubenförmig vor (Cerebralganglien von *Tethys*) oder sie sind im mesodermalen Bindegewebe so zerstreut, dass sie kein kompaktes Organ darstellen (Zentralnervensystem der Plattwürmer).

Die Ganglienzellen bestehen der Hauptsache nach aus einem feinkörnigen Protoplasma, worin der ansehnliche Kern eingebettet ist. Letzterer zeichnet sich durch Armut an Chromatin und geringe Färbbarkeit vor den meisten anderen Gewebskernen aus. Das Protoplasma dagegen nimmt manche Kernfärbungsmittel (Hämatoxylin, Alaun- und sauren Karmin) in auffallender Weise an, was auf eine von gewöhnlichen Zellen verschiedene Verteilung der chemischen Zellenbestandteile hindeutet (Kotlarewsky). Es bestehen übrigens auch zwischen benachbarten Ganglienzellen des gleichen Zentralorganes Unterschiede, nicht nur in der Färbbarkeit (Flesch), sondern auch in der mehr oder weniger fein- oder grobkörnigen Beschaffenheit der Sarkode (Retzius). Von sichtbaren Spezialisierungen ist nur eine fibrilläre Struktur zu erwähnen, welche in steifen Linien von der Abgangsstelle der Ausläufer und als Fortsetzung der Fibrillen derselben in den Zellenkörper pinselförmig auseinanderfahren (Fig. 210). In den, immerhin seltenen Fällen, wo diese Fibrillen leicht sichtbar sind und sich weit verfolgen lassen, scheinen sie die ganze Zelle zu durchkreuzen, und man sollte meinen, dass einzelne derselben mit einer konzentrisch um den Kern verlaufenden Streifung in Verbindung treten. Solche Bilder sind aber sehr undeutlich

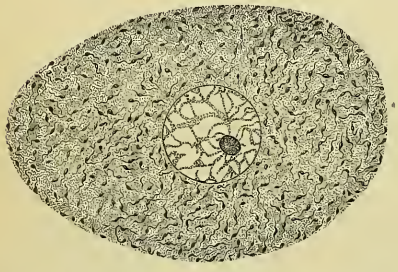


Fig. 209. Spinalganglienzelle vom Hunde; Schnitt aus einem Chromsäurepräparat mit Hämatoxylin gefärbt. Im Zellenleib geschlängelte Fäden mit dickeren Knötchen; beide nehmen die Blauholzfärbung an, jedoch in schwächerem Grade wie der Kern mit seinem netzförmigen Gerüste und Nucleolus; nach Flemming.

und liefern keinen festen Boden für weitere Spekulationen. An spindelförmigen Ganglienzellen mit zwei Ausläufern, wie solche in den Spinalganglien der Wirbeltiere auftreten, sieht man vielfach Fibrillen von dem einen Ausläufer in den anderen übergehen, indem sie bogenförmig die Zelle durchmessen (Fig. 212 *f*). An den gleichen Zellen findet man eine von der centraler Ganglienzellen verschiedene Textur des Protoplasmas, indem hier eine Menge gewundener und geknickter, mit Knötchen versehener Fädchen die Sarkode durchsetzen (Flemming, Fig. 209). Eine ähnliche Textur bieten auch die Ganglienzellen des Sympathicus. Eine Zellenmembran im eigentlichen Sinne fehlt den Ganglienzellen überhaupt; was man an optischen Querschnitten an ihrem Rande unterscheidet, ist bloß eine homogene Sarkode-Grenzschicht. Bei den Nagern enthalten die Ganglienzellen des sympathischen Nervensystems je zwei Kerne, ein in seinen Beziehungen zur Zellentheorie noch unaufgeklärter Befund.

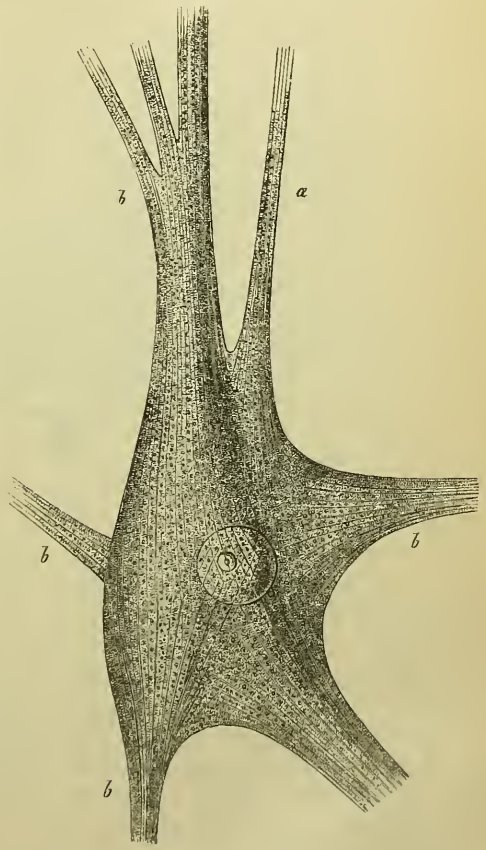


Fig. 210. Deiters'sche Ganglienzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks vom Ochsen, *a* Achsencylinder (Primitivfaser), *b* Zellenfortsätze, nach M. Schultze aus Stricker's Handbuch.

Unter den Ganglienzellen findet man sehr kleine Zellenelemente, aber auch solche, die zu den allergrößten des Tierkörpers gehören. Es sei an die kolossalen Zellen erinnert, welche aus den Kopfganglien von *Tethys* vorragen, besonders aber an jene Ganglienzellen aus der Medulla oblongata von *Lophius piscatorius* (Fritsch), in welche Capillargefäßschlingen eindringen, indem sie die äußere Oberfläche der Zelle vor sich her einbuchten, ohne jedoch bis zum Kerne vorzudringen, und an die Riesenzelle, welche der elektrischen Nervenfaser bei *Malapterurus* den Ursprung giebt. Um vieles kleiner, obschon noch immer recht groß

sind die Purkinje'schen Zellen des Kleinhirnes und die Deiters'schen Zellen an den Vorderhörnern des Rückenmarkes höherer Wirbeltiere (Fig. 210). Bei letzteren erreichen die Ganglienzellen durch Zahl, Mannigfaltigkeit der Gestalt und weitgehende Spezialisierung ihre höchste Ausbildung. Bei einem und demselben Tiere besteht ein direktes Verhältnis

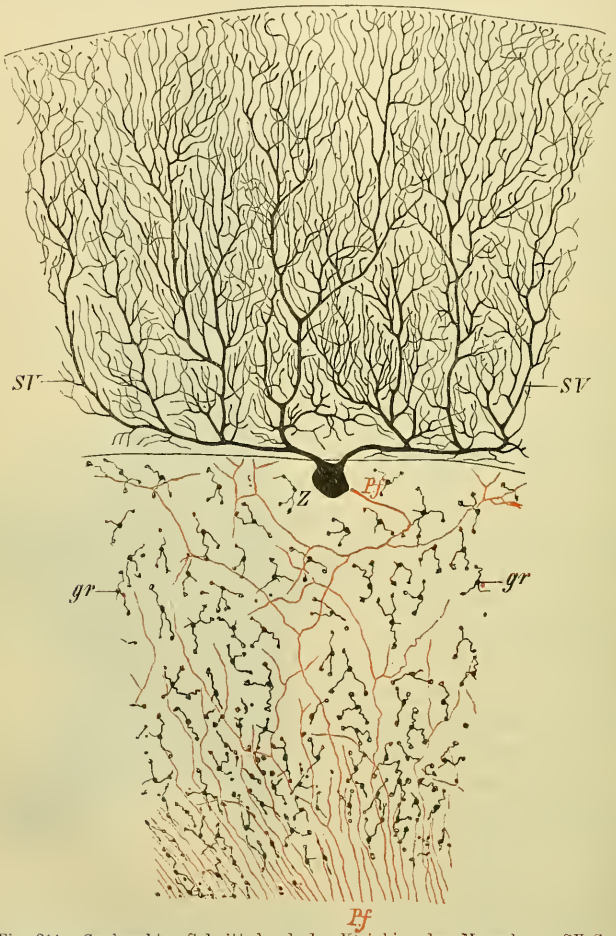


Fig. 211. Senkrechter Schnitt durch das Kleinhirn des Menschen, *SV* Sarkodische Verästelungen, *Z* Ganglienzelle, Körper einer Purkinje'schen Zelle, *Pf* Primitivfaser, Fortsatz der Ganglienzelle, *gr* Zellen der granulösen Schicht. Chromsaures Kali-Silber-Präparat nach Golgi.

zwischen der Größe der Ganglienzellen und der Entfernung, welche die von ihnen ausgehenden motorischen Impulse oder die in ihnen anlangenden sensitiven Erregungen durchlaufen müssen (Pierret).

Die Ausläufer der Ganglienzellen bieten in ihrem Baue, ihrer Zahl und ihren Beziehungen gründliche Unterschiede. In Betreff der Zahl werden

die Ganglienzellen unipolar, bipolar oder multipolar genannt, je nachdem sie einen, zwei oder mehrere Fortsätze abgeben. Dem Baue nach müssen die plasmatischen, körnigen, rauhen, dendritisch verästelten Fortsätze (Fig. 211, *SV*) in eine andere Kategorie gebracht werden wie die durchsichtigen, glatten, parallelkontourierten (Fig. 211, *Pf*), welche hie und da in rechten Winkeln feine Zweige abgeben (Golgi). Was endlich die Beziehungen zu anderen Elementen anbetrifft, so dürfen wir die Fortsätze, welche direkt als Primitivfasern (Achsencylinder) zur Peripherie sich begeben, nicht mit denjenigen verwechseln, welche sich in das Geflecht der Punktsubstanz verzweigen, und noch weniger mit den baum- oder wurzelartigen Verästelungen (Fig. 211, *SV*), die mit den entsprechenden Teilen anderer Zellen keinerlei Verbindungen einzugehen scheinen (Golgi).

Unipolare Ganglienzellen sind neueren Untersuchungen zufolge in den Ganglien des Centralnervensystems bilateraler Evertebraten in ganz überwiegender Mehrzahl vorhanden (Dietl, Solbrig, Wrezniowsky, Vignal, Fol, Rawitz, Retzius). Ihre Gestalt ist meistens eine abgerundete oder polygonale, und nur selten gehen protoplasmatische Fortsätze von ihnen aus (*Tethys*, *Myzostoma* F. Nansen). Der eigentliche Ausläufer geht entweder direkt in eine zur Peripherie hinziehende Faser über oder, was häufiger der Fall ist, in eine Faser, die in der inneren faserigen Substanz der Ganglien sich verliert; damit soll nicht gesagt sein, dass solche Fasern nicht nach Umwegen ebenfalls in centrifugale Fasern übergehen können. Im ersteren Falle wurde nun zuweilen beobachtet, dass die abgehende Faser sich bald T-förmig teilte (*Dentalium*, Fol). Durch dieses Verhalten des einzigen Faserfortsatzes werden die theoretischen Bedenken gehoben, welche so lange der Erkenntnis der Unipolarität der meisten Ganglienzellen im Wege standen. Bei den Wirbeltieren finden sich unipolare Zellen mit T-förmig geteiltem Ausläufer in den spinalen Ganglien. Es gelang an dieser Stelle die embryonale Entwickelung solcher Zellen zu verfolgen (His), und es stellte sich heraus, dass es sich anfänglich um bipolare Zellen handelt, deren beide Ausläufer von der gleichen Fläche der Zelle ausgehen. Diese einseitige Lage des Zellkörpers entwickelt sich weiter, indem derjenige Teil, von welchem die Fasern ausgehen, sich stielförmig auszieht, wodurch die T-form gegeben ist. — Zu den unipolaren Zellen muss, wenn die Beobachtungen Golgi's sich als ganz richtig herausstellen sollten, noch jene wichtige und weitverbreitete Zellenkategorie gestellt werden, welche die Oberfläche des Gehirnes und die Rückenmarkshörner der Wirbeltiere einnimmt, nämlich die Purkinje'schen (Fig. 211) und Deiters-schen Zellen. Diese Zellen wurden früher zu den echt multipolaren gerechnet, weil ihr Protoplasmaleib sich in zahlreiche weit und zierlich verästelte Ausläufer auszieht. Diese dendritische Verzweigung soll aber (Golgi, F. Nansen) isoliert bleiben, mit keinen anderen Zellfortsätzen Verbindungen eingehen, keinen Nerven den Ursprung geben und, soweit sich urteilen lässt, bloß durch die Befestigung des Gewebes oder die Ernährung der betreffenden Zellen sich nützlich machen (Fig. 211, *SV*).

Aus jeder Zelle geht ein einziger nervöser Fortsatz ab, welcher durch glatte Kontour, stärkere Lichtbrechung und steifen Habitus von den anderen Fortsätzen absticht, und sich durch diese Eigenschaften als Primitivfaser (Achsencylinder) zu erkennen giebt. Von ihm gehen in rechten Winkeln feine Fäserchen von gleicher Beschaffenheit ab, welche in das Gewirr der Punktsubstanz und der weißen Substanz aufgehen. Der Hauptfaden scheint zuweilen in periphere Primitivfasern (Achsencylinder) überzugehen; in der Mehrzahl der Fälle geht aber auch er in das Fasergewirr auf (Fig. 211, *Pf*). Diese Zellen stimmen also mit den unipolaren der Wirbellosen überein, weichen aber durch die verästelte Gestalt ihres Körpers von denselben ab.

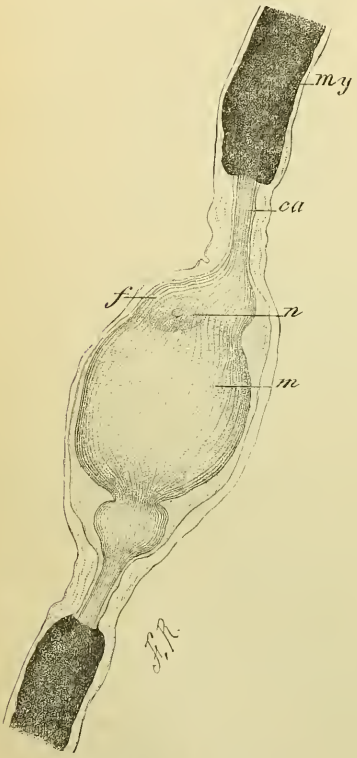


Fig. 212. Bipolare Ganglienzelle aus den Spinalganglien von *Raja*; Osmiumsäurepräparat. *my* die Myelinscheide, *ca* Primitivfaser (Achsencylinder), *m* Ganglienzellenkörper, *n* deren Kern, *f* aus den Primitivfasern in die Zelle ausstrahlende Fibrillen. Nach Ranvier.

Bipolare Ganglienzellen sind außerhalb der Spinalganglien der Wirbeltiere ein ziemlich seltenes Vorkommnis. In den spinalen Ganglien ist diese Zellenform bei Fischen die vorherrschende (Fig. 212), bei höheren Wirbeltieren dagegen müssen die bipolaren Zellen den unipolaren einen bedeutenden Teil des Organes einräumen. Letztere sind jedoch mit T-förmig gegabelten Ausläufern versehen (Ranvier) und können als modifizierte bipolare Zellen aufgefasst werden. Aus der Embryologie entnehmen wir, dass die spinalen Ganglien aus Ektodermgebieten entstehen, welche am Rande der Anlage des cerebrospinalen Nervensystemes liegen (Balfour, His, Sagemehl, Bedot); die aus Epithelzellen hervorgegangenen Ganglienzellen senden Fortsätze nach zwei Richtungen aus: centralwärts zum Rückenmarke und nach der Peripherie zu den Nerven. In den cerebrospinalen Ganglien haben die Zellen in der Regel einen einzigen T-förmig getheilten Ausläufer, welcher in eine myelinhaltige Nervenfaser übergeht (Retzius). Die zu den Spinalganglien sich begebenden Nerven enthalten die gleiche Faserzahl wie die von ihnen ausgehenden, woraus man den Schluss ziehen muss, dass alle anscheinend unipolaren Zellen T-förmig geteilte Ausläufer haben. Aus

dem Umstande, dass Fibrillen des einen Ausläufers bipolarer Zellen bis in den entgegengestellten Ausläufer durch die Zelle hindurch verfolgt werden konnten, haben einige Forscher (M. Schultze, F. Nansen) den voreiligen Schluss gezogen, dass solche Ganglienzellen bloße Ernährungsapparate für die betreffenden Nervenfasern sein könnten. Es geht dieser Gedanke offenbar von der Annahme aus, dass die Fibrillen innerhalb der Nervenfasern und der Zellen isolierte Leiter seien, etwa wie die einzelnen Drähte in einem Telephonkabel. Einer solchen Vorstellung widersprechen aber die neueren physiologischen Experimente in schroffster Weise; sie lässt sich auch nicht mit der Thatsache in Einklang bringen, dass bei *Petromyzon* die bipolaren Spinalganglienzellen centralwärts einen feinen und peripheriewärts einen stärkeren Fortsatz entsenden (Langerhans). Bei *Lophius piscatorius* ist die eine, zentrale Faser um die Hälfte dünner als die peripheriewärts verlaufende (Fritsch). Das Wechselverhältnis zwischen Leitung und fibrillärem Bau wird wohl ganz anderer Art sein, und, ob nun die Fibrillen durch den Körper der Ganglienzelle hindurchgehen oder nicht, ob sie sich in den äußeren Teilen der Zelle verlieren oder in der Umgebung des Kernes, so können dennoch solche Umstände keinen Grund abgeben, die percipierende, reagierende oder impulsive Funktion der Ganglienzellen anzuzweifeln.

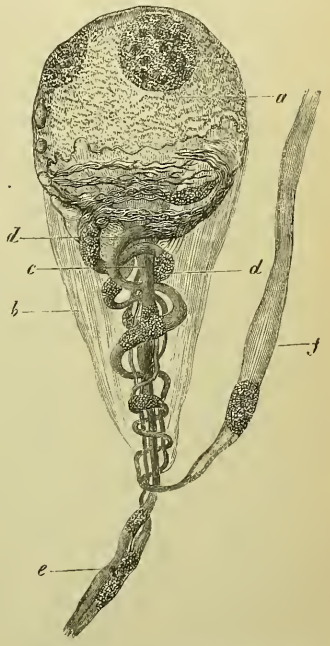


Fig. 213. Eine spiralfaserige Ganglienzelle aus dem Sympathicus des Frosches, nach Beale.

Die Ganglienzellen mit einer Spiralfaser sind eine sehr eigentümliche, auf wenige Wirbeltiere beschränkte Vorrichtung, denn es kommen solche Gebilde in ihrer vollendeten Gestalt nur bei nackten Amphibien vor, und zwar in den Ganglien des sympathischen Nervensystemes, ferner in Herz, Lunge und in der tiefen Schicht der Gaumenschleimhaut dieser Tiere (Stirling und Macdonald). Im subkutanen Gewebe von *Myxine glutinosa*, und im Nervenplexus des Darmes und des Herzventrikels von *Anguis fragilis* kommen allerdings verwandte, aber weniger ausgebildete Einrichtungen vor (Retzius). Die sympathischen Ganglienzellen des Frosches (Fig. 213) laufen direkt in eine gerade Faser aus, welche sofort eine Schwann'sche Scheide erhält. Die Zelle selbst liegt in einer bindegewebigen Hülle eingeschlossen, wobei die Spiralfaser zwischen Hülle und Zellenoberfläche Windungen beschreibt. Es handelt sich nicht um eine einfache Windung, sondern vielmehr um eine Netzbildung,

indem die äußere Faser sich zu wiederholten Malen teilt und ihre feinen Fädchen miteinander Anastomosen eingehen. Schließlich treten die Endzweige in nähere Berührung mit dem oberen (blinden) Ende der Ganglienzelle und sollen sich mit letzterer durch kleine knopfförmige Anschwellungen verbinden (Ehrlich). Ganz sichergestellt ist diese Art des Zusammenhanges allerdings nicht, dass aber irgend eine Verbindung besteht, muss man wohl als sehr wahrscheinlich annehmen. Es würden sich danach die Spiralfaserzellen unter den bipolaren Ganglienzellen als besondere Abart einreihen lassen, deren beide Ausläufer nicht bloß in verschiedener Weise entspringen, sondern auch verschiedene Beschaffenheit zeigen, indem die Spiralfaser stets aus einer markhaltigen Nervenfaser hervorgeht, die gerade Faser dagegen sich immer als marklose Faser fortsetzt. Durch Vergleichung mit dem oben Gesagten gewinnt der bei den Spinalganglienzellen des Pferdes erzielte Befund, dass an jede Ganglienzelle eine Faser herantritt, die sich in einen netzförmigen Knäuel auflöst, aus welchem eine Anzahl Fäserchen an die Zelle treten, ein unbestreitbares Interesse.

Multipolare Ganglienzellen glaubte man früher überall in den Centralorganen zu finden. Heutzutage gilt dies nicht mehr als Regel, sondern eher als Ausnahme. Es bleibt zukünftiger Forschung vorbehalten, ihre wirkliche Rolle und Verbreitung zu bestimmen. Im Mesenchyme der Coelenteraten sind die als nervös angesehenen Zellen alle multipolar. Bei höheren Tieren scheinen die peripherischen, dem Mesoderme angehörigen Zellen, welche in die Endnetze der Darm-, Drüsen-, Kreislaufs- und sogar z. T. der Bewegungsorgane eingeschaltet sind, sowie die sympathischen Ganglienzellen insofern zu den multipolaren zu gehören, als sie jedenfalls mehr als zwei Ausläufer besitzen und diese von der verschiedenartigen Beschaffenheit der Fortsätze, wie man sie an den Deiters'schen Zellen und an denen des Gehirnes wahrnimmt, nichts zu erkennen geben. Was nun aber die Centralorgane der bilateralen Evertebraten betrifft, so sind hier mehrfach, außer den abgehenden Fasern, Verbindungsfasern zwischen benachbarten Zellen beschrieben worden (Schmidt). Die Sache ist einer erneuten Prüfung wert, ebenso auch die Frage, ob solche Verbindungen zwischen den baumförmig verzweigten Zellen der Centralorgane bei Wirbeltieren unter Umständen und an einzelnen Stellen wirklich vorkommen.

Die Hüllen der Ganglienzellen. In den Spinalganglien, sowie im Bereiche des sympathischen Nervensystems sind die Ganglienzellen stets mit Hüllen versehen, welche aus Bindegewebe bestehen. Diese Hüllen setzen sich da, wo mit Scheiden versehene Nervenfasern an die Zelle herantreten, in diese Scheiden (Henle'sche und Schwann'sche Scheide) ununterbrochen fort. In den Centralorganen der Wirbellosen kommen auch mit Scheiden versehene Ganglienzellen vor, allerdings mehr bei oberflächlich gelagerten Zellen. Im Centralnervensysteme der Wirbeltiere trifft man nichts derartiges, sondern bloß das netzartige Gewebe der Neuroglia, welche zur Bildung kontinuierlicher Scheiden durchaus ungeeignet ist.

Die Nervenfasern sind nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch zusammengesetzte, aus einer Hülle und einer eigentlichen Faser bestehende Gebilde. Hüllenlose, also einfache Fasern werden wohl nur in den niederen Tierklassen, bei Coelenteraten und Echinodermen, angetroffen. Bei höheren Tieren kommen nur zusammengesetzte Fasern vor; von diesen unterscheidet man drei Hauptarten: die markhaltigen, die marklosen und die Remak'schen Fasern. Wie unzureichend eine solche Einteilung ist, wird sich aus dem Folgenden ergeben. Da wir uns aber leider an die angenommenen Bezeichnungen halten müssen, so erwächst uns die Aufgabe, das Verhältnis zwischen diesen schlechtgewählten Worten und dem wirklichen Sachverhalt zu erklären. An den markhaltigen Fasern unterscheidet man eine kompliziert gebaute Hülle und den eigentlichen Nerv, die Primitivfaser (Remak), heutzutage unter dem Namen Achsencylinder (Purkinje) bekannt[1]; letzterer ist weiter nichts als die eigentliche Nervenfaser, alles übrige ist Bindegewebe. Die marklosen Fasern sind sehr verschiedenartig gebaut: die einen sind mit Hüllen versehen, die sich von denen der markhaltigen Fasern durch die Abwesenheit des Myelins unterscheiden; sie bestehen also ebenfalls aus dem Achsencylinder (der eigentlichen Faser) und einer kontinuierlichen Hülle mit ausgeprägter Struktur. Die anderen marklosen Fasern werden gewöhnlich als Remak'sche Fasern bezeichnet; sie sind viel einfacher gebaut, weil die Hülle auf Zellen reduziert erscheint, die in größeren Entfernungen von einander liegen, keine deutlichen Grenzen besitzen und sich bloß durch spärliche Kerne kundgeben, die man beim ersten Blicke der Faser zuzurechnen geneigt ist. Die Primitivfaser (Achsencylinder), welche stets den wesentlichsten und bei niederen Tieren den einzigen Bestandteil einer Nervenfaser ausmacht, ist die bloße Fortsatzbildung einer Ganglienzelle und gehört histologisch der letzteren zu. Was man gewöhnlich eine Nervenfaser nennt, ist ein Elementarorgan, bestehend aus der eigentlichen Ganglienfaser und einer sehr verschiedenartigen Bindegewebshülle. Die Nervenfasern sind von zweierlei Art: sensible und motorische. Es ist aber gegenwärtig noch nicht möglich, beide histologisch zu unterscheiden. Topographisch weiß man, dass die sensiblen aus den betreffenden Ganglien entspringen, die motorischen direkt von den Centralorganen stammen. Über den Ursprung der zu den sensitiven Ganglien sich begebenden Nerven hat man nur die Vermutung (Golgi), dass sie aus dem Gewirr der Punktsubstanz hervorgehen, während die motorischen Nervenfasern direkte Fortsätze centraler Ganglien sein sollen.

Die Primitivfasern (Remak; Achsencylinder, Purkinje) sind fadenförmige Gebilde von kreisförmigem Querschnitt, welche einen gewissen mikro-

[1] Es bietet sich an dieser Stelle eine gute Gelegenheit, unsere oben ausgeführten Prinzipien in Betreff der Nomenklatur zur Geltung zu bringen. Den eigentlich nervösen Teil der Nervenfaser hatte Remak die Primitivfaser genannt, lange bevor Purkinje sie als Achsencylinder bezeichnete. Da der richtigere Name zugleich auch das Prioritätsrecht für sich hat, so können wir keinen Augenblick zögern, ihn wieder in seine Rechte einzusetzen.

skopisch kleinen Durchmesser nicht überschreiten, andererseits aber zu solch unmessbarer Feinheit herabsinken können, dass ihre letzten Verzweigungen der Beobachtung sehr leicht entgehen. Beim gleichen Tiere besteht ein gerades Verhältnis zwischen der Länge und dem Durchmesser einer Faser (Schwalbe). Die Primitivfasern (Achsencylinder) bestehen aus einer mäßig lichtbrechenden, mattglänzenden Substanz, welche keine ausgeprägte Struktur aufzuweisen hat. Ihre Konsistenz ist weich und dennoch sehr elastisch, nach der bekannten Art der Sarkode. Durch die Millon'sche Probe färben sie sich deutlich rosarot, was auf die Anwesenheit von Eiweißsubstanzen in beträchtlicher Menge hindeutet. In 5 bis 10% Kochsalzlösung werden sie nicht aufgelöst, zum Unterschiede von dem Myosin; sie gerinnen bei etwa 50 bis 52° Celsius. In Wasser und verdünnten Alkalien oder Säuren quellen sie beträchtlich auf. In manchen Fällen, namentlich bei stärkeren Primitivfasern (Achsencylindern) sieht man eine Längsfaserung, welche auf die Anwesenheit von Fibrillen hindeutet; die Bilder sind aber nicht so klar, dass man eine Fibrille auf längere Strecken verfolgen könnte. Die deutlichsten Fibrillenbilder erhält man, wenn man die Nerven mit verdünnter Schwefelsäure oder Silbernitratlösung behandelt (H. Schultze). Eine Querstreifung glaubte man am Achsencylinder markhaltiger Fasern nachgewiesen zu haben (Frommann); es stellte sich aber heraus, dass nichts derartiges zu sehen ist und dass es sich um Substanzen handelt, welche außerhalb der Primitivfaser (des Achsencylinders), zwischen dieser und der Markscheide liegen und den Silberniederschlag bewirken. Teilungen an der Primitivfaser sind im Verlaufe der Nerven selten und finden sich zumeist in der Endverzweigung. Wo ein ganzer Nerv sich teilt, können die geteilten Fasern sich in die beiden Zweige fortsetzen oder beide in einem Zweige bleiben (Mays).

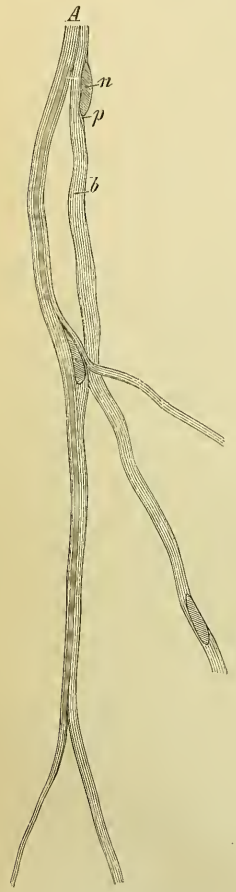


Fig. 214. Remak'sche Fasern aus dem Nervenfasernetze des pneumogastrischen Nerven des Hundes; Osmiumsäurepräparat. *n* Kern der Scheide, *p* ihn umgebendes Protoplasma, *b* Fibrillenstreifung, nach Ranvier.

Die Remak'schen Fasern kommen bei Wirbeltieren in allen Gebieten des Nervensystems vor, vorwiegend aber im sympathischen Nervensysteme. Die aus solchen Fasern bestehenden Nerven bieten die Eigentümlichkeit, dass die Fasern nicht getrennt und parallel nebeneinander verlaufen, sondern Anastomosen eingehen. Die

Endnetze in den Verdauungs- und Kreislaufsorganen bieten das schönste Bild solcher Anastomosen. Die Remak'schen Fasern sind es, welche die größten Schwankungen in ihrem Kaliber aufweisen: während die feinsten derselben bis zur Unmessbarkeit dünn werden, erreichen die größeren den vierfachen Durchmesser der stärksten Achsencylinder. Als nackte Primitivfasern können die Remak'schen Fasern sicherlich nicht gelten, denn sie besitzen eine, wenn auch sehr dünne Hüllschicht, die man mit den, der Oberfläche, namentlich an den Teilungsstellen, spärlich adhärierenden Kernen in Zusammenhang bringen und beide als den Rest einhüllender Bindegewebszellen betrachten kann. Eine andere Frage ist es freilich, ob die Remak'schen Fasern alle Ausläufer von Ganglienzellen sind, und ob nicht ein Teil derselben durch Umwandlung peripherer Gewebszellen entstehen kann. Bei Wirbellosen spielen den Remak'schen sehr ähnliche Fasern eine Hauptrolle und bilden bei vielen derselben, z. B. den niederen Mollusken und Arthropoden, das ganze periphere Nervensystem.

Die markhaltigen Fasern der Wirbeltiere sind zusammengesetzt aus der Primitivfaser (Achsencylinder) und der myelinhaltigen oder Schwann-schen Scheide. Dazu kommt in der Regel noch eine äußere Hülle, die Henle'sche Scheide. Die Schwann'sche Scheide besteht aus einer Reihe cylindrischer Röhren, deren jede eine aufgerollte Zelle mit Kern darstellt. Verfolgt man die embryologische Entstehung der markhaltigen Fasern, so sieht man, wie die spinalen Nerven in Gestalt von Bündeln nervöser Achsen (Primitivfasern) aus dem Rückenmarke hervorwachsen (His). wie sie die Zellen bindegewebiger Anlagen vor sich her schieben und wie diese Zellen zwischen die Achsen eindringen und sich vermehren (Vignal). In späteren Stadien wickeln sich diese Zellen nach starker Vermehrung um die Achsencylinder; da sie aber noch membranlos und plastisch sind, so verwachsen ihre Ränder vollständig und lassen später keine Längsnaht erkennen (Boveri). Die fertigen Zellen stellen die sogenannten Segmente der Schwann'schen Scheide dar und bestehen aus einer äußeren und einer inneren, der Primitivfaser (Achsencylinder) eng anliegenden Membran (der sog. Mauthner'schen Scheide), aus einem Kerne (Reissner) und aus einer innerhalb der Zelle differenzierten, röhrenförmigen Markscheide. Da, wo aufeinanderfolgende Segmente sich berühren, entstehen mehr oder weniger ausgesprochene Einschnürungen der Scheide, welche aber die Primitivfaser nicht affizieren; sie erhielten nach dem Namen ihres Entdeckers die Benennung Ranvier'sche Einschnürungen. Durch Silberbehandlung schwärzt sich die Grenze zwischen den Segmenten, und ein kleines Stück der Achse, wodurch die als Ran-

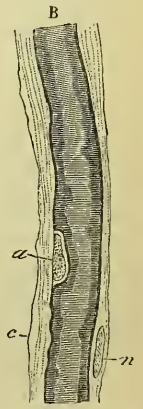


Fig. 215. Nervenfaser aus dem Nervus ischiadicus des Hundes, Osmiumsäurepräparat, *a* Kern eines Segmentes der Schwann'schen Scheide, *n* Kern einer Bindegewebszelle der Henle'schen Scheide, *c* endoneurales Bindegewebe (Henle'sche Scheide), nach Ranvier.

vier'sche Kreuze bekannte Figur entsteht. An diesen Stellen kann die Myelinröhre Unterbrechungen erleiden oder aber kontinuierlich durchgehen; in letzterem Falle liegt eine sekundäre Verschmelzung und ein Schwund der Begrenzungsmembran vor. In jedem Abschnitte, Zelle, der Schwann'schen Scheide liegt ein Kern, ungefähr von der halben Länge des Segmentes, außerhalb der Markröhre und flach an die äußere Membran gedrückt oder in anderen Fällen (Kaninchen) in die Oberfläche der Marksubstanz eingedrückt. Mehrkernige Segmente sind zu wiederholten Malen bei niederen Wirbeltieren beschrieben worden (*Esox*, *Coregonus*, Toel, Hennig; Selachier, Retzius); bei der Taube und beim Schaf führt jedes Segment außer dem normalen, in seiner Mitte gelegenen Kern noch einen accessorischen, in der Nähe der Ranvier'schen Einschnürung (Hennig). Bei *Amphioxus* besteht eine kontinuierliche Scheide ohne ringförmige Einschnürungen, welche dicht aneinander gelagerte Kerne führt (Langerhans) und überdies keine Marksubstanz abscheidet, desgleichen bei *Petromyzon*. Aus theoretischen Gründen erhebt sich kein Bedenken dagegen, mehrkernige Segmente durch eine nachträgliche Vermehrung der Kerne zu erklären; allein gegenüber der Behauptung (Ranvier), dass solche accessorische Kerne der Henle'schen Scheide angehören, scheint es geboten, sich eines definitiven Urteils zu enthalten. Eine Vermehrung der Segmente der Schwann'schen Scheide findet nach beendigter Embryonalentwicklung statt, und zwar durch Einschaltung neuer Bindegewebszellen an den Einschnürungsstellen, wo sie sich allmählich in Segmente umwandeln (Vignal).

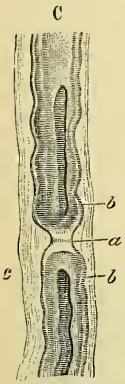


Fig. 216. Nervenfaser aus dem Nervus ischiadicus des Hundes; Osmiumsäurepräparat. *a* Ranvier'sche Einschnürung, *b b* Endanschwellungen der benachbarten Segmente, *c* endoneurales Bindegewebe (Henle'sche Scheide), nach Ranvier.

Wo eine Primitivfaser sich teilt, fällt immer ein Ranvier'scher Schnürring ganz genau mit der Teilungsstelle zusammen, so dass die Teilfasern gleich mit ihren eigenen Schwann'schen Röhren anfangen. Die Länge der einzelnen Segmente und somit auch der Abstand zwischen den Ranvier'schen Einschnürungen ist bei niederen Tieren am beträchtlichsten; sie beträgt durchschnittlich etwa 2 mm beim Hecht, 1,5 mm bei Amphibien, 1,2 mm bei der Ratte, bei höheren Säugetieren noch weniger (Toel, Hennig). Beim gleichen Tiere steht die Länge der einzelnen Segmente im geraden Verhältnisse zum Durchmesser der betreffenden Nervenfaser, wobei jedoch zu bemerken ist, dass die Breite des Segmentes weniger variiert wie diejenige der Primitivfaser (Achsencylinder). Gegen das Centrum zu werden die Segmente immer länger, gegen die Peripherie immer kürzer; am elektrischen Nerven des Zitterrochens sind die Segmente um die Hälfte kürzer wie an den anderen Nerven des gleichen Tieres, und nehmen in der Nähe des elektrischen Organes noch mehr an Länge ab. Wo eine markhaltige Faser in das Rückenmark eintritt, verliert sie ihre

Markscheide. Man kann aber auch noch innerhalb der Rückenmarksubstanz die Ranvier'schen Einschnürungen und Kreuze an der Faser nachweisen (Tourneux et Le Goff, Schiefferdecker). Hieraus ziehen die einen den Schluss, dass die Schwann'sche Scheide auch innerhalb des Rückenmarkes fortbesteht, wo sie sich aber wegen des dichten Gefüges der Gewebe der Beobachtung entzieht (Tourneux et Le Goff), während andere daraus folgern wollen, dass die Schnürringe und Kreuze überhaupt nicht von der Schwann'schen Scheide abhängen, da ja diese im Rückenmarke nicht existiere (Porter). Wir bekennen uns zu der ersteren Ansicht.

Die Markscheide ist ein inneres Differenzierungsprodukt der Zellen der Schwann'schen Scheide; bei Embryonen existieren jene Zellen schon lange, bevor die ersten Anfänge der Myelinbildung erkennbar sind, und bei manchen Fasern bleibt diese Bildung zeitlebens aus. Das erste Auftreten der Markröhren bei vorgerückteren Embryonalstadien geschieht entweder gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung als kontinuierliche dünne Schicht, oder seltener in Gestalt getrennter Körnchen. Die ausgebildeten Myelinröhren zerfallen bei entsprechender Behandlung in eine Anzahl kleiner Segmente oder breiter Ringe durch ebensoviele ringförmige Bruchlinien, Lantermann'sche Ringe und Einkerbungen. Die Lantermann-schen Ringe passen ineinander, indem der trichterförmig verengte Rand des einen in den entsprechend erweiterten Rand des nächstfolgenden eingefügt ist. Da nun dieses Zusammenfügen gruppenweise geschieht, jede Gruppe aber wieder in anderem Sinne angeordnet ist wie die benachbarten Gruppen, so finden sich hie und da an den Umkehrungsstellen Ringe, deren Ränder beiderseits verengert oder beiderseits erweitert sind. Diese Lantermann'sche Segmentierung ist kein Kunstprodukt, denn man kann beim lebenden Nerven Andeutungen davon finden; ihr kommt aber keine weitere Bedeutung zu, im Gegensatz zu den Ranvier'schen Einschnürungen, deren hohe Bedeutung für die Zellentheorie der Nerven aus dem oben gesagten hervorgeht. Sie sind übrigens nicht bei allen Tieren vorhanden, denn bei Hund, Schaf, Schwein, Kaninchen und Hecht sucht man vergebens nach Lantermann'schen Einkerbungen (Hennig). Der Markröhre liegen inwendig und auswendig feinste Häutchen auf, welche untereinander an den Lantermann'schen Einkerbungen zusammenhängen. Ob wir in denselben einen Rest des Zellenplasmas (Ranvier) oder aus einer Hornsubstanz bestehende Membranbildungen (Ewald und Kühne, Rumpf) zu erblicken haben, mag dahingestellt bleiben; die eine Ansicht schließt übrigens die andere nicht aus. Auch spiralig gewundene Hornfasern zwischen der inneren und äußeren Membran der Schwann'schen Scheide sind beschrieben worden (Rezzonico, Golgi, Mondino, Cattani, Owsjannikov); der Gegenstand ist aber nicht in befriedigender Weise aufgeklärt worden. Sogar die Resistenz des sogen. Neurokeratins (Kühne, Ewald) gegen verdauende Lösungen scheint von der Behandlungsweise mit Alkohol und Äther abzuhängen (Waldstein und Weber). Das Myelin ist stark lichtbrechend und besitzt ein doppelt lichtbrechendes Vermögen; stellenweise

kann diese Substanz durch eine andere, minder lichtbrechende ersetzt werden, z. B. an der Cornea (Wolf).

Die Henle'sche Scheide und das Endoneurium sind in ihrer Verbreitung und ihren gegenseitigen Verhältnissen noch wenig bekannte Teile des peripheren Nervensystems. Innerhalb der größeren Nerven findet man die Nervenfasern zu kleinen Bündeln vereinigt durch eine Bindegewebslamelle, das Endoneurium (Retzius; gaine lamelleuse, Ranvier). Diese besteht aus einer sehr dünnen Endothellage, welche aus membranös ausgebreiteten, an ihren Rändern zusammenhängenden Zellen zusammengesetzt wird, den sogen. Häutchenzellen. Bei etwas stärkeren Bündeln

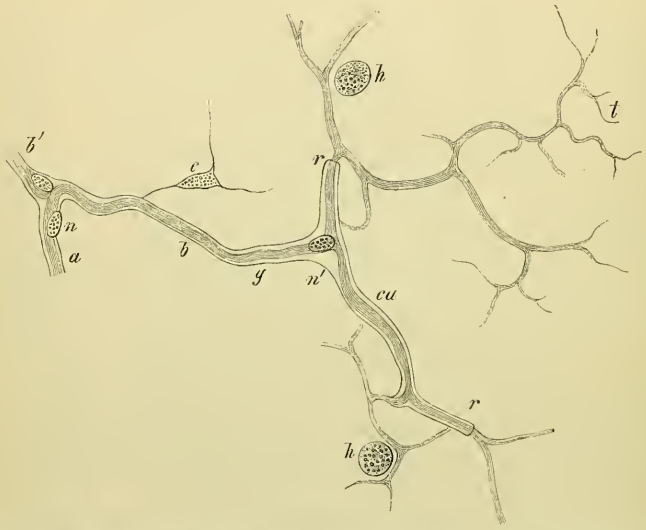


Fig. 217. Ausbreitung einer marklos gewordenen Nervenfaser in einer elektrischen Platte bei *Torpedo*; *a* die Nervenfaser, *t* Verzweigung derselben, *g* die Henle'sche (endoneurale) Scheide, *n* Kerne derselben, *r* die Stelle, wo diese Scheide plötzlich manschettenförmig aufhört. Nach Ranvier.

gesellen sich noch aus bindegewebiger Grundsubstanz bestehende Lamellen hinzu oder aber eine längsstreifige Bindesubstanz, welche sich zwischen zwei Endothellamellen ausbreitet. An der Peripherie angelangt, verzweigt sich der Nerv soweit, dass schließlich auch die Bündel eine progressive Teilung erfahren. Das Endoneurium teilt sich in entsprechender Weise, die Teiläste umschließen eine immer geringere Zahl von Nervenfasern und endlich nur zwei oder sogar eine einzige. In letzterem Falle erscheint das Endoneurium oder Henle'sche Scheide gewissermaßen als eine Verdoppelung der Schwann'schen Scheide; sie läuft aber stets glatt über die Ranvier'schen Einschnürungen hinweg, und ihre Kerne drücken sich in das Myelinrohr nicht ein, da sie ja außerhalb der äußeren Membran der Segmente liegen. Eine besondere Ausbildung erreicht die Henle'sche

Scheide einerseits bei einzelnen Fischen, z. B. den Selachiern, andererseits bei höheren Wirbeltieren an solchen Stellen, wo die Nerven mechanischen Insulten ausgesetzt sind. In letzterem Falle sind es namentlich die Lamellensysteme, die an Zahl und Stärke zunehmen (Renaut). In den Nervenstämmen verlaufen die Nervenfasern parallel neben einander ohne besondere Anordnung, dicke und dünne Fasern regellos vermischt und durch die obengenannten Scheiden zusammengehalten.

Übergänge von den markhaltigen zu den Remak'schen Fasern (Retzius, Boveri). Neben den markhaltigen Fasern kommen fast überall solche vor, die eine Schwann'sche Scheide, aber kein Myelin besitzen; sie sind in der Regel kleiner wie die markhaltigen Fasern, denen sie im übrigen fast in allen Stücken gleichen. Diesen lassen sich andere Faserformen anreihen, deren Schwann'sche Scheide immer dünner und unscheinbarer wird; zugleich lassen sich die Grenzen der Scheide immer weniger unterscheiden, bis man schließlich zu solchen Faserformen kommt, die von den Remak'schen nur durch steifen Habitus und geringere Tendenz zur Anastomosenbildung abweichen. Die geringsten Unterschiede zeigen die Primitivfasern (Achsencylinder), so dass am Ende die ganze Einteilung der Nervenfasern fast nur auf das Verhalten der Hüllen basiert ist. Zwischen motorischen und sensitiven Nerven sind keine anatomischen Unterschiede nachweisbar, abgesehen von dem Umstande, dass das Gesamtvolumen der Primitivfasern bei motorischen Nerven vom Centralorgane nach der Peripherie zunimmt, während sensible Nerven das umgekehrte Verhalten aufweisen (Schwalbe), und dass die marklosen Fasern in sensibeln Nerven zahlreicher sind wie in den motorischen.

Die Nervenhüllen bei wirbellosen Tieren stimmen bloß in ihrer niederen Ausbildung mit denen der Remak'schen Fasern der Wirbeltiere überein. Es gehören hierher die Nerven der großen Mehrzahl der bilateralen Wirbellosen. Höher ausgebildete Nervenscheiden kommen auch hie und da vor, sogar markhaltige, sie sind aber nach einem anderen Grundplane gebaut wie die entsprechenden Nerven der Wirbeltiere. Bei Cephalopoden besitzen die peripheren Nerven eine kernhaltige Scheide, welche aber zwei oder mehrere Primitivfasern (Achsencylinder) umfassen kann und daher der Henle'schen Scheide der Wirbeltiere am meisten ähnlich ist; beim Eintritt der Fasern in das Centralnervensystem folgt diese Scheide nicht mit und die Primitivfasern verlaufen dort ganz nackt (Stieda). Bei manchen Anneliden, den Aphroditeen (Rohde) und den Lumbriciden (Leydig, Claparède), kommen in der Bauchkette riesige Nervenfasern vor, welche aus einer sehr starken Primitivfaser (Achsencylinder) und zahlreichen concentrischen, bindegewebigen Hüllen bestehen. Sie gehen aus kolossalen Ganglienzellen hervor und zerfallen in den letzten Körpersegmenten in eine Menge kleiner Primitivfasern. Eine starke bindegewebige Hülle mit zahlreichen Kernen, welche an der Außenfläche der Scheide liegen, umgiebt die Primitivfasern bei höheren Krustentieren (*Astacus*, *Homarus*, Retzius). Hier wurde eine Stützsubstanz gefunden,

welche den Verdauungsversuchen besser widersteht wie das Neurokeratin und welche wahrscheinlich aus Chitin besteht (Ewald, Kühne). Bei *Palaemon squilla* wurde sogar eine Myelinscheide angetroffen, welche in bestimmten Abständen Kerne führt und halbwegs zwischen je zwei Kernen eine Einschnürung der Hülle zeigt, welche sich gerade so verhält, wie die Ranvier'schen Schnürringe der Wirbeltiere. Dabei besteht aber der wichtige Unterschied, dass bei *Palaemon* die Kerne dem Myelinrohre inwendig anliegen, also zwischen Myelinscheide und Primitivfaser (Achsencylinder) liegen, dass die Teilungsstellen der Nerven nicht mit den Einschnürungen zusammenfallen und dass die Scheide einen blätterigen Bau besitzt.

Das Verhältnis der Nervenfasern zur Zellentheorie ist ein durchaus eigentümliches. Es steht heutzutage wohl fest, dass die Primitivfasern (Achsencylinder) keine Kerne führen und in histologischer Beziehung bloße Teile der Ganglienzellen sind, aus denen sie während der Embryonalentwickelung hervorgewachsen sind. Mit den Kernen und Zellen der bindegewebigen Hüllen haben sie weder in genetischer noch in histologischer Beziehung etwas gemeinsames. Bei denjenigen Primitivfasern, welche direkt aus einer Ganglienzelle entspringen, verhält sich die Sache also recht einfach; es sind ungeheuer lange Ausläufer jener Zellen. Viel verwickelter zeigen sich aber die Verhältnisse bei denjenigen Primitivfasern, welche aus der Punktsubstanz des Centralnervensystems hervorgehen. Wie die Verbindung mit den Ganglienzellen in diesem Falle hergestellt ist, weiß man nicht; sollte es sich aber herausstellen, und diese Möglichkeit muss man doch vor Augen haben, dass eine Primitivfaser mit mehreren Ganglienzellen zusammenhängen kann, so würde eine solche Faser einen gemeinsamen Fortsatz mehrerer Zellen darstellen; in der ganzen Histologie sind keine anderen Beispiele eines solchen Verhältnisses aufzufinden.

Sollte sich die Vermutung Golgi's, dass motorische Nerven direkte Ausläufer der Ganglienzellen sind, sensible Nerven dagegen in die Punktsubstanz aufgehen, als richtig herausstellen, so würde die Frage allerdings auf einem anderen Boden stehen, aber doch immerhin auf eine befriedigende Lösung harren.

Steht auch die Zusammengehörigkeit der Primitivfasern (Achsencylinder) mit den Ganglienzellen in den Hauptbahnen des Nervensystemes ziemlich fest, so bleibt in den peripheren Teilen und namentlich in den Endnetzen immer noch ein weites Gebiet, wo die Zellenabstammung der Fasern in Dunkel gehüllt ist. Es bleibt zukünftiger Forschung vorbehalten zu bestimmen, ob periphere Nerven an Ort und Stelle durch Umwandlung von Zellen entstehen können, oder ob alle diese Nerven aus den centralen und den peripheren Ganglienzellen hervorgehen, und was für eine Abstammung letztere Zellen haben.

Der Lebenslauf der Nervenzellen gestaltet sich möglichst einfach. Die Ganglienzellen der Centralorgane bei Wirbeltieren zeigen keine nennens-

werten Vermehrungs- und Untergangserscheinungen; ein regelmäßiger Ersatz alter Elemente durch neuentstandene ist jedenfalls ausgeschlossen, denn sonst hätte man ja bei so oft und gründlich untersuchten Organen auf unzweifelhafte Vermehrungsstadien stoßen müssen, und dies ist ganz sicher nicht der Fall. Nur in den mehr peripherischen Gebieten bleibt die Frage nach der Möglichkeit eines Ersatzes offen; so wurde beim Winterfrosch das Ganglion Gasseri einmal mit Ganglienzellen angetroffen, welche sämtlich Furchungserscheinungen zeigten (Dietl), eine Beobachtung, die übrigens mehr als eine Erklärung zulässt. Der regen Vermehrung gegenüber, welche die Ganglienzellen der Centralorgane bei Embryonen aufweisen, muss dieser negative Befund bei Erwachsenen um so mehr auffallen. Junge Ganglienzellen enthalten keine inneren Ablagerungen, kein Pigment; mit dem Alter nimmt die Menge des Pigmentes und sonstiger Körnchen immer mehr zu. Beim 70jährigen Greise sind die Zellen der sympathischen Ganglien kernlos, geschrumpft und sehen fast wie kleine körnige Pigmenthaufen aus (White).

Die Nerven dagegen sind teilungsfähig, wobei die Primitivfaser (Achsencylinder) den Vorgang einzuleiten scheint. Ob Untergang und Ersatz hier zu den normalen Erscheinungen gehören, bleibt dahingestellt. Durchschnittene Nerven verwachsen wieder und zwar vom centralwärts liegenden Stumpfe aus, indem die Primitivfasern sich verlängern, und die Scheidenzellen einer Menge unbestimmter Zellen den Ursprung geben, aus denen die neuen Scheiden sich differenzieren.

Eine höchst interessante Frage ist kürzlich aufgeworfen worden, ob nämlich die Ganglienzellen als bewegliche, ihre Gestalt verändernde Elemente aufzufassen sind. Die Entdeckung von den Bewegungen der Retinazapfen (van Genderen Stort), sowie die Beobachtung einer Gestaltsveränderung am Cerebralganglion eingeschläferter Krustentiere (*Leptodora* Weissmann) haben die Aufmerksamkeit auf dieses viel versprechende Thema gelenkt.

Die Nervenendigungen in den peripherischen Körperteilen sind teils einfacher Natur, teils aber auch ziemlich kompliziert gebaute Organe. Es liegt nicht im Plane des vorliegenden Buches Organe zu beschreiben; unsere Besprechung des Nervensystems würde aber mangelhaft erscheinen, wenn wir nicht mit einer kurzen Zusammenstellung dessen, was man von den peripheren Verbindungen der Nerven entdeckt hat, abschließen wollten. Vom theoretischen Standpunkte aus lassen sich drei Arten der Nervenendigung unterscheiden: 1. Verbindung mit Gewebszellen; 2. Nervenendnetze und 3. Blindendigungen. Die Verbindung mit andersartigen Zellen ist jedenfalls die ursprüngliche, bei niedersten Tieren allein bestehende Form; das Nervensystem können wir uns ja aus der Verbindung verschiedenartiger Zellen behufs Fortleitung der Eindrücke und Impulse hervorgegangen denken. Die sub 2 und 3 angeführten Kategorien sind abgeleitete, erst bei höheren Tieren zur vollkommenen Ausbildung gelangte Formen.

Verbindungen der Nervenfasern mit Epithelzellen sind bei Cölenteraten und Echinodermen vielfach und sicher nachgewiesen worden. Bei den bilateralen Evertebraten hat so zu sagen ein Jeder, der solche Tiere zum Gegenstande histologischer Forschung gewählt hat, solche Verbindungen mit Epidermiszellen gesehen (Weichtiere Simroth, *Pterotrachaea* Edinger, Appendicularien Fol, *Sagitta* O. Hertwig, etc.). Dabei ist allerdings zu bemerken, dass diejenigen Epidermiszellen, die man mit Nerven zusammenhängen sah, in der Regel für Sinneswahrnehmungen spezialisiert sind, und dass gewöhnliche Zellen der Oberhaut selten in Verbindung mit Nervenendfäserchen angetroffen wurden. Es handelt sich hier also wohl um sensitive Nerven. Andererseits zeigen sich aber auch die großen Wimperzellen, welche den pelagischen Larven als Lokomotionsorgane dienen, oft mit Nervenendigungen versehen, die zu den motorischen gehören dürften. Die Verbindung besteht in einem einfachen Verschmelzen des Endfäserchens mit einem konischen Fortsatze der betreffenden Ektodermzelle. Das Beobachtungsmaterial ist spärlicher in Betreff der Drüsenzellen und des Endodermes. Es seien hier die, durch speziell auf diesen Punkt gerichtete Forschungen genauer bekannten Drüsen der Insekten, Mollusken und Würmer erwähnt. In den Malpighischen Röhren von Raupen (*Gastropacha*, *Saturnia*, *Phalaena*) umspinnen mehrere Primitivfasern die Drüse und verlieren sich im feinkörnigen Protoplasma der Drüsenzellen entweder direkt, oder indem sie die Zellenoberfläche schalenartig umfassen (Leydig). Direkte Übergänge wurden ferner am Endoderme eines Wurmes (*Phreoryctes*) und gewisser Landmollusken gesehen (Leydig). In den Speicheldrüsenzellen von *Blatta* verbinden sich Nervenendzweige mit dem Zellenkörper und lassen sich sogar zuweilen eine Strecke weit in das Zellenprotoplasma hinein verfolgen (Kupffer, Hofer); an der Speicheldrüse der Hummel wurden ähnliche Erfahrungen gemacht (Engelmann). Es scheint aber nicht jede Zelle eine Nervenendfaser zu erhalten, und es muss also auch eine Leitung zwischen benachbarten Zellen angenommen werden.

Bei Wirbeltieren hat man direkte Übergänge von Nervenfasern in die Drüsenzellen beobachtet: an den Speicheldrüsen (Paladino), in der Leber vom Menschen und von *Necturus* (Macallum) und im Larynxepithel der Säugetiere (Fessler). In der Epidermis scheinen solche Verbindungen nur bei wasserlebenden Wirbeltieren oder an feuchten Hautstellen, z. B. der Conjunctiva und den zwischen den Sinneszellen gelegenen Epithelzellen der Nasenschleimhaut des Hundes (Grassi und Castronovo) vorzukommen. Bei Amphibien verschmelzen Nervenfäserchen mit den Leydigschen Schleimzellen der Haut, wobei zuweilen eine Zelle zwei Fasern erhält (Leboucq, Canini, Mitrophanow). Sogar zu den Granulosazellen des Ovariums glaubt man nervöse Fädchen, welche aus dem nervösen Netze des genannten Organes stammen, verfolgt zu haben (Elischer).

Schon seit langer Zeit bekannt und über allen Zweifel erhaben sind die Verbindungen der Nervenfasern mit den Sinnesepithelien, welche am

Ende nur zu Empfindungszwecken spezialisierte Epidermiszellen sind. Sieht man von der Retina der Wirbeltiere ab, welche bekanntlich einen Teil des centralen Nervensystemes darstellt, so gehören hierher die Retinazellen fast aller Wirbellosen, ferner die Geruchs- und Geschmackszellen, die Hörzellen und jene zahlreichen, noch unbestimmten Sinnen dienenden Zellen der wasserbewohnenden Wirbellosen und Wirbeltiere, z. B. die Organe der Seitenlinie bei Fischen. Die Nerven ziehen freilich in den meisten Fällen nicht direkt von den Centralorganen zu diesen Endzellen, sondern verbinden sich mit denselben durch Vermittelung multipolarer Ganglienzellen, deren Herkunft in den wenigsten Fällen bekannt ist. Dass alle diese Nerven sensibler Natur sind, versteht sich wohl von selbst. Nur die in Drüsenzellen endigenden Nerven dürften a priori eher zu den motorischen gerechnet werden.

Anhang. Die dermogenen elektrischen Organe. Bei der Fischgattung *Malapterurus* findet sich beiderseits dicht unter der Haut ein aus zahlreichen Platten bestehendes Organ. Diese Platten sind in histologischer Beziehung durchaus verschieden von denen des Zitterrochens und des Zitteraales; es sind weiter nichts als kolossale Zellen, deren jede durch einen Fortsatz mit einem Nervenfaden in Verbindung steht. Da diese Zellen dem Hautsysteme angehören, so liegt der Gedanke nahe, dass sie phylogenetisch durch Umwandlung von Hautdrüsenzellen hervorgegangen sind. Die Thatsache, dass sie alle durch Teiläste einer einzigen Nervenfaser, welche aus einer einzigen Riesenganglienzelle hervorgeht, versorgt werden, spricht zu Gunsten dieser Theorie, welche aber von der Embryologie ihre feste Begründung erst erhalten muss.

Verbindungen der Nervenfasern mit Mesodermzellen sind eine weit verbreitete und eingehend studierte Nervenendigungsweise. Im Bindegewebe tritt diese Erscheinung nur selten auf; so wurde z. B. das Verschmelzen eines Nervenfäserchens mit einem Ausläufer einer verästelten Pigmentzelle beim Frosche beobachtet (Ehrmann). An den Bindegewebszellen des Froschperitoneums wurde das gleiche Verhalten gesehen (Hoffmann), und zwar am häufigsten in der Umgebung der Stomata. In der Pleura sah man die Fäserchen ihr Ende in Körperchen finden, welche Bindegewebszellen gleichen (Schwaboff). In der Cornea der Wirbeltiere sieht man nicht selten eine sternförmige Zelle des lamellösen Bindegewebes durch einen langen Ausläufer mit einer Nervenfaser verbunden (Königstein). Ein ähnliches Verhalten der Dentinzellen ist im höchsten Grade wahrscheinlich, wenn auch nicht mit wünschenswerter Strenge nachgewiesen. Die in anatomischer und physiologischer Beziehung wichtigsten Verbindungen sind die mit den Muskeln und Sehnen.

Nervenansätze an die glatten Muskeln sind die einfachste, aber auch die am wenigsten klargelegte Form der Endigung motorischer Nerven. Als günstigstes Objekt zum Studium derselben kann man die großen Fasern der Weichtiere (Heteropoden, Cephalopoden) und der Anneliden (Hirudineen) empfehlen. Einer jeden Muskelfaser sitzt oberflächlich, aber doch unterhalb des Sarkolemma, ein kleiner, aus Sarkode bestehender Hügel auf, in welchen die Endverzweigung einer Nervenfaser eintritt und unter kurzer doldenförmiger Verästelung in der Sarkode ihr Ende findet.

Diese Verhältnisse ähneln durchaus denen bei der gestreiften Muskulatur, die wir später besprechen werden, mit dem Unterschiede jedoch, dass eine Nervenfaser stets mehrere glatte Muskelfasern versorgt, während bei der gestreiften Muskulatur eine Primitivfaser selten mehr als eine Muskelfaser innerviert. Bei kleineren glatten Muskelfasern, wie sie die glatte Muskulatur der Wirbeltiere darbietet, hat die Erforschung dieser feinen Verhältnisse mit größeren Schwierigkeiten zu kämpfen. Die Nervenfasern sind im Verhältnisse zur Zahl der Muskelzellen so spärlich, dass man schon a priori nicht in jeder Faser eine Nervenendigung erwarten darf. Der Ansatz findet in der Nähe des Muskelkernes statt (Löwitt), und zwar scheint das Nervenfäserchen in der den Kern umgebenden spärlichen Sarkode sein Ende zu finden. Eine Primitivfaser versorgt mehrere Muskelzellen, indem sie an jede derselben einen kleinen, die Nachbarschaft des Kernes erreichenden Zweig abgiebt. Die letzte Endigung ist einfacher wie bei den höheren Wirbeltieren und scheint durch knopfförmige Endanschwellung oder durch Verschmelzung mit der Muskelsarkode bewerkstelligt. Der Herzmuskel der Wirbeltiere verhält sich in Betreff der Nervenendigung ganz so wie die glatten Muskeln der gleichen Tiere (Gerlach, v. Openchowski). Es scheint in beiden Fällen ausgemacht, dass nicht jede Muskelzelle eine nervöse Endverzweigung empfängt. Eine von den großen glatten Fasern, wie sie z. B. bei Weichtieren vorkommen, kann dagegen mehrere Nervenansätze aufweisen.

Die Nervenansätze an die gestreiften Muskeln sind von jeher ein Lieblingsthema der Untersuchung gewesen und daher in allen Hauptpunkten wohl bekannt. Eine der einfachsten Formen bieten die Tunicaten, und zwar der Appendicularienschwanz. Vom großen Schwanznerven gehen Primitivfasern an die Muskelbänder ab; in der Nähe des Bandes angelangt, biegt jeder Nervenfaden rechtwinkelig ab und verläuft in paralleler Richtung zu den Muskelfibrillen. Von der Umbiegungsstelle geht ein Fädchen ab und endet knopfförmig an der Muskeloberfläche. Andere Fädchen gehen vom horizontalen Nervenaste ab und enden ebenfalls mit kleinen Knöpfchen, welche zu etwa 4 bis 5 eine gerade Reihe bilden; das letzte stellt die Endigung des ganzen Astes dar. Beim Wirbeltierembryo ist die ursprüngliche Verbindung der Nerven mit den Muskelfasern ein einfacher Contact zwischen dem knopfförmig verbreiterten Ende der ersteren und einer feinkörnigen Erhebung der letzteren (Mitrophanow).

Bei erwachsenen Wirbeltieren sind die motorischen markhaltigen Fasern in der Nähe des Muskels wiederholten Zweiteilungen unterworfen; die Teilungsprodukte begeben sich als Endäste jeder an eine quergestreifte Faser. Das Endstück ist in der Regel mit kurzen und somit zahlreichen Ranvier'schen Segmenten versehen. Beim Eindringen in die Muskelfaser hören die Myelinscheide sowie auch die Hornlamelle auf, die Henle'sche Scheide geht in das Sarkolemma continuierlich über; von der Schwann'schen Scheide aber weiß man noch nicht bestimmt, ob sie ebenfalls mit der Membran der Muskelfaser zusammenhängt oder ob sie sich

weiter auf die Nervenverästelungen fortsetzt und dort allmählich verschwindet. Eine perlschnurartige Endigung, welche an die bei den Tunicaten erinnert, findet man bei der Schildkröte (Tschiriew). In den übrigen Fällen teilt sich die hinzutretende Primitivfaser (Achsencylinder) zu wiederholten Malen und bildet meistens eine, auf einem kuchenförmigen Polster feinkörniger Substanz ruhende, hirschgeweihähnliche Figur; Anastomosen zwischen den Endverzweigungen kommen recht selten vor. Spärliche rechtwinkelige Verästelungen (anure Amphibien) oder kurze hakenförmige Endigungen der Zweige nach ein- oder zweimaliger Gabelung der Nervenfaser sind als bloße Varietäten eines gemeinsamen Grundplanes zu erwähnen. Die Nervenverästelung kann entweder von vereinzelten Kernen und einer kaum nennenswerten Menge gekörnten Plasma's umgeben direkt in der quergestreiften Muskelsubstanz liegen (Amphibien), oder auf einem mehr oder weniger dicken Polster granulierter Sarkode; in letzterem Falle findet man um die Nervenäste herum zerstreut eine Anzahl Kerne, und zwar vornehmlich außerhalb der nervösen Ausbreitung, zwischen dieser und dem Sarkolemma, oder auch an den Seiten der Nervenendigungen, fast niemals unterhalb derselben. Diese Kerne sind dreierlei Art (Ranvier), und stammen möglicherweise von den beiden Nervenhüllen und der Muskelfaser her. Kleine, in regelmäßiger Anordnung um die Nervenendigung gelagerte Körnchen oder Stiftchen kommen bei einigen Wirbeltieren vor (Boll); man hat sie verschiedentlich als den Ausdruck von Faltungen einer Membran, oder, und zwar mit besserem Rechte, als eine im granulierten Sarkodepolster befindliche Struktur aufgefasst, ohne ihnen bisher eine weitgehende Bedeutung zu vindicieren. Die Endverzweigungen gehen schließlich in die Sarkode des Polsters oder in die der Muskelfaser über; es existieren somit an den Übergangsstellen kurze Abschnitte unbestimmter Natur, welche je nach der Fixierungsweise und der Tierart sich mehr oder weniger weit zu erstrecken scheinen oder aber in getrennte Kügelchen zerfallen können. Aus diesem Umstande sind diesbezügliche langwierige Discussionen entsprungen.

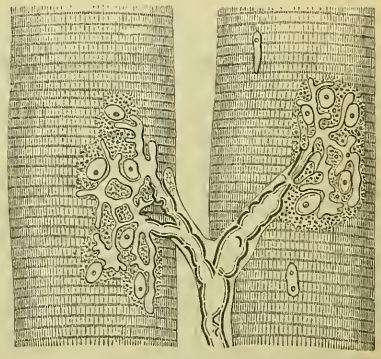


Fig. 218. Nervenendigung in Muskelfasern von *Lacerta agilis* nach Curare-Vergiftung. Nach W. Kühne.

Bei den Arthropoden finden sich Verhältnisse, welche mit denen der Wirbeltiere wesentlich übereinstimmen. Hier bilden weit vorspringende Polster die Regel und sind seit langer Zeit nach dem Namen ihres Entdeckers als Doyère'sche Hügel bekannt. Die Übereinstimmung mit den Wirbeltieren ist bei Insektenlarven größer als bei erwachsenen Insekten (Viallanes).

Nervenansätze an den Sehnen sind solchen an den entsprechenden Muskeln sehr ähnlich und finden sich auch hauptsächlich an der Übergangsstelle des Muskels in die Sehne (Golgi). Hier bilden die Endplatten aber eine mehr verzweigte und zerstreute Figur. Die marklos gewordene Nervenendfaser dringt in ein Primitiv-Sehnenbündel ein, verästelt sich unter dessen Scheide und bildet ein Gewirr, dessen Endzweige in einer eigentümlichen Substanz liegen, in welcher zahlreiche Kerne vorkommen (Retzius), ohne dass die Nervenfäden jedoch mit den Sehnenzellen in Verbindung treten. Eine Nervenprimitivfaser versorgt immer nur ein Sehnenprimitivbündel (Sachs). Die ganze Verzweigung ist bei der Eidechse gedrängter, beim Frosche weitläufiger ausgebreitet.

Anhang zu den motorischen Nervenendigungen.

Die myogenen elektrischen Organe. Eine Anzahl Fische ist mit Organen ausgestattet, welche nachweislich durch Umwandlung von Muskeln und motorischen Endplatten entstanden sind und den Träger befähigen, nach seiner Willkür elektrische Schläge zu erteilen. Das ihnen Gemeinsame geht aber nicht weiter, denn es sind verschiedene Gebiete des Muskelsystems, die bei den verschiedenen Gattungen jene eigentümliche Umwandlung erfahren haben; es handelt sich nicht um eine phylogenetische Einheit, sondern um eine bei jeder Gattung autonom entstandene analoge Anpassung. Zu den myogenen elektrischen Fischen gehören verschiedene Rochen, die Gattung *Raja* und verwandte, die Gattung *Torpedo*, ferner ein Aal, *Gymnotus*, und bechtähnliche Fische, *Mormyrus*. Die höchste Ausbildung erreicht die elektrische Vorrichtung bei *Gymnotus*; uns interessiert aber mehr die Umwandlungsgeschichte aus dem Muskel, und diese lässt sich am besten schrittweise bei den Rochen und bei *Torpedo* verfolgen.

Bei *Raja* ist es die Muskulatur am mittleren Drittteile des Schwanzes, welche die Umwandlung erfährt, und zwar früher oder später in der individuellen Entwickelung, je nach der Species. Die Veränderung ist um so tiefgreifender, je früher im embryonalen Leben sie beginnt, und sie ist um so geringer und leichter zu verfolgen, je später sie auftritt. Den ersten Rang in letzterem Falle nimmt *Raja radiata* ein, deren Embryonen 11 cm Länge erreichen, bevor die betreffenden Muskeln ernstliche Anstalten zur Umwandlung treffen. Diese besteht in einer Verdickung und Verkürzung des einen Endes einer oder mehrerer benachbarter quergestreifter Muskelfasern. Die Muskelkerne vermehren sich an der verdickten Stelle, und die Fibrillen nehmen einen gebogenen Verlauf, während das entgegengesetzte Ende der Faser dünn ausläuft. Das ganze ähnelt einer Birne oder einem Glaskolben; das breite Ende ruht auf einer mittlerweile stark angewachsenen motorischen Nervenendplatte. Das umliegende Bindegewebe bildet eine Hülle um die verkürzte Muskelfaser und die nervöse Platte und schwillt unterhalb der letzteren zu einem Polster von gallertiger Beschaffenheit an. Die Muskelfaser verkürzt sich weiter zu einem kuchenförmigen Gebilde, indem sie den oberen ausgezogenen Teil einzieht, wobei die Fibrillen auseinanderfallen und die Querscheiben, da sie nicht mehr in gleicher Flucht miteinander liegen, eine mäandrische Zeichnung erzeugen.

Bei *Torpedo* beruht die Umbildung auf etwas anderen Principien, wie man es auch nicht anders erwarten kann, wenn man erwägt, dass die elektrischen Organe von *Raja* und *Torpedo* nicht an der gleichen Körperstelle entstehen und daher nicht homologe Bildungen sein können. Bei letzterer Gattung entsteht beim Embryo die Anlage der elektrischen Organe aus den fünf mittleren Kiemenbögen, nämlich dem Hyoïdbogen und den vier folgenden, in Gestalt von parallelen Muskelfasergruppen, welche nebeneinander von der Rücken- zur Bauchfläche ziehen. Jede Faser besteht

aus einem äußeren Cylinder von quergestreiften Fibrillen und einer Sarkode-Achse mit Kernen, und ist mit anderen Fasern durch das bei *Torpedo* so reichlich entwickelte Perimysium zu Bündeln vereinigt. Jede solche Muskelsäule verwandelt sich nun in eine elektrische Säule durch folgenden Vorgang: die Muskelkerne vermehren sich in regelmäßigen Abständen, verleihen dem Muskelbündel zunächst eine perlschnurartige Gestalt und lassen es nachher in eine Reihe übereinander liegender kuchenförmiger Gebilde zerfallen (G. Fritsch). Zu gleicher Zeit werden die im Entstehen begriffenen Muskelplatten an ihrer Bauchseite von Seiten der im Perimysium verlaufenden Nervenfasern mit Nervenendplatten versehen Die beschriebene Entstehung der elektrischen Platten schreitet von der Bauch- zur Rückenseite des Organes allmählich vor, bis die definitive Plattenzahl einer jeden Säule und die Säulenzahl eines jeden Organes erreicht ist; die Möglichkeit einer späteren Entstehung neuer Säulen ist nicht annehmbar (Babuchin, Fritsch).

Die fertige elektrische Platte von *Torpedo* besteht aus drei Lamellen, nämlich der nervösen, der muskulären und der bindegewebigen Lamelle. Die bindegewebige wird zuerst angetroffen, wenn man von der Rückenseite des Tieres in das Organ eindringt. Sie ist wiederum doppelt und besteht aus einer dorsalen Schicht gewöhnlichen Bindegewebes, welches ringsherum mit der Wandung der Säule zusammenhängt, und einer darunterliegenden Schicht von dichterem Gefüge, deren Ränder nach unten napfförmig umbiegen. Ventralwärts folgt die umgewandelte Muskelportion, aus Muskelkernen und feinen Fibrillen (Bogenfasern, Krause) bestehend, welche einzelne Forscher von den Muskelfibrillen herleiten (Krause), andere dagegen für einen Rest interfibrillärer Sarkode erklären (Fritsch). An der Nervenplatte angelangt, biegen diese Fibrillen um und verlaufen parallel zu derselben; sie sind aber von der Nervenschicht durch senkrecht stehende Stäbchen (Krause) getrennt, denen man früher eine große Wichtigkeit zuschrieb (Körnchen, Boll, elektrische Cilien, Ranvier). Die Nervenendplatte endlich besteht aus mäandrischen, hirschgeweihähnlichen Verästelungen mit sehr spärlichen Anastomosen (Ciaccio), welche die Endverästelung der Primitivfaser darstellen und den motorischen Nervenplatten durchaus entsprechen. Die Nerven treten von unten an die Platte heran, indem sie eine aus Gallertgewebe bestehende, mit Blutcapillaren versehene Substanz durchsetzen, welche jede elektrische Platte von der nächstfolgenden trennt.

Dieses Beispiel von der Art und Weise, wie ein Muskel mitsammt seinen Nerven und motorischen Endplatten durch histologische und physiologische Specialisierung sich in ein elektrisches Organ umwandeln kann, mag genügen. Wir können hier um so weniger auf die analogen Vorgänge, welche *Gymnotus* und *Mormyrus* bieten, eingehen, als diese Vorgänge weit weniger bekannt sind und sich aus diesem Grunde zu einer bündigen Darstellung weniger eignen. Auf mannigfache Unterschiede bei diesen Formen muss man um so eher gefasst sein, als es sich ja nicht um homologe Organe, sondern bloß um analoge Umwandlungen aus der gleichen Gewebsart handelt.

Die Nervenendnetze sind eine äußerst verbreitete Erscheinung, wenn man dazu auch solche Netze rechnet, von denen einzelne Fäserchen ausgehen, um nach kurzem Verlauf durch Verbindung mit einer Zelle oder blind zu endigen. Es kommen in der That in den bindegewebigen Teilen aller Organe Nervenplexus von verschiedener Feinheit vor, mit großen Maschen und starken Stämmen in den tieferen Schichten, und kleinen Maschen, sowie auf einzelnverlaufende Remak'sche Fasern reduzierten Balken in den oberflächlichen Teilen. Ganglienzellen sind fast bei allen Nervenendnetzen eingeschaltet. Haarscheiden, Capillargefäße, Drüsenläppchen, Muskeln und Fascien, Darm, Gallenblase, Harnblase, Milz, Eierstock, kurz alle Organe sind von einem solchen Netze Remak'scher Fasern

umsponnen. Da man aber auf Grund negativer Befunde nicht zum Schlusse berechtigt ist, dass aus diesem oder jenem Netze keine weiteren Endfasern mehr hervorgehen, andererseits aber die Zahl jener Netze, wo man solche Endfasern positiv nachweisen konnte, mit der Zeit immer anwächst, so bleibt die Frage offen, ob es wirkliche Nervenendnetze giebt, wenn man das Wort buchstäblich nehmen will.

Blindendigungen der Nervenfasern werden häufiger freie Endigungen genannt, ein wenig zutreffender Name. Es handelt sich nämlich nicht etwa um freibewegliche lose Nervenenden, sondern um solche, die zwischen anderen Zellen fixiert, abgerundet oder knopfförmig aufhören, ohne jedoch mit dem Sarkodeleibe dieser Zellen zu verschmelzen. Hierher gehören vor allem die Eimer'schen Nervenendigungen in der Epidermis des Maulwurfsrüssels, welche in ähnlicher Form auch im Rüssel von *Condylura* und *Chrysochloris* und vom Schweine, sowie an der äußeren Wurzelscheide der Haare vorkommen (v. Mojsisovics). Beim Maulwurfe zeigt die Epidermis stellenweise kleine Erhabenheiten, welche cylinderförmigen Partieen, von der Malpighi'schen Schicht bis nahe an die Oberfläche hyalin gewordener Ektodermzellen entsprechen. Rings um diese Stellen steigen aus dem subcutanen Nervennetze feine Fäserchen zwischen den Epidermiszellen gegen die Oberfläche hinauf. In gewisser Höhe fangen diese Fäserchen an, kleine knopfförmige Anschwellungen zu bilden, welche sich rosenkranzförmig wiederholen, bis das Fäserchen mehrere Zellen tief unter der äußeren Hautfläche mit einem ebensolchen Knöpfchen endet. Diese Knöpfchen liegen zwischen den Zellen und sind mit deren Protoplasma nicht verwachsen (Eimer, Macallum, v. Mojsisovics). Ähnliche Endigungen, welche zumeist nur einen Endknopf aufweisen, fanden Izquierdo und Ciaccio in der cornealen Conjunctiva, Rosenberg an der Oberhaut der Pferdezunge, Ismaïloff in der Bronchienmucosa, Aronson in der Epidermis der Genitalien beim Kaninchen, Mitrophanow zwischen den Epidermiszellen des Froschlarvenschwanzes, Welicky zwischen den Drüsenzellen der Giftdrüse von *Vipera ammodytes*. Es sei hier nur bemerkt, dass in der Conjunctiva zuweilen vom Endknopfe drei kurze Fäserchen abgehen, welche bald knopfförmig enden (Ciaccio), und dass beim Kaninchen in den Genitalien die Fäserchen mehr ein variköses Aussehen haben und mit einer Varikosität enden (Aronson). Im Perimysium enden nach Sachs die vom intramuskulären Plexus Remak'scher Fasern ausgehenden Fäserchen im Bindegewebe.

Terminalkörperchen nennt man kleine Endorgane des peripheren Nervensystems, welche aus einer blind endigenden Nervenfaser und einer mehr oder weniger komplizierten, aus Gewebszellen gebildeten Hülle bestehen. Es handelt sich offenbar nicht um primitive, sondern um abgeleitete Vorrichtungen, wie aus dem Umstande erhellt, dass eigentliche Terminalkörperchen bei den Wirbellosen durchaus vermisst werden und auch unter den niedersten Vertebraten nicht mit zweifelloser Bestimmt-

heit nachgewiesen werden konnten. Die sogen. Endkolben von *Petromyzon* (Pogojeff) scheinen eher Drüsen zu sein (F. E. Schulze), und erst beim Rochen sind Terminalkörperchen unzweifelhaft vorhanden (Purvis). Es sind sehr verschiedenartig gebaute Apparate, die aber alle aus freien Endigungen mit meistens einer, scheiben- oder knopfförmigen Anschwellung, häufig auch mit mehreren Endknöpfen (wobei sich die Faser in ebensoviele Ästchen geteilt hat), welche zwischen eigentümlich umgeformten Gewebszellen liegen, bestehen.

Die bisher bekannten Formen lassen sich größtenteils in zwei Hauptkategorien unterbringen; die übrigen stellen in manchen Beziehungen Übergangsformen dar. Die Tastzellenkörperchen bestehen aus großen, kuchenförmigen, quergestellten Zellen, welche von einer Fortsetzung der Schwann'schen Scheide umhüllt sind; die Endkolben bestehen einzig und allein aus Bindegewebe, welches mit der Schwann'schen Scheide zusammenhängt, aber sehr feine und komplicierte Struktureigentümlichkeiten aufweist.

1. **Die Tastzellenkörperchen** sind durch große, scheiben- oder kuchenförmige Zellen charakterisiert, welche zur Oberfläche des Tieres parallel, zur Nervenfaser dagegen perpendikulär gelagert sind. Diese Zellen stammen, wenn sich diese Beobachtung bestätigt, aus der Epidermis, sie wären also Ektodermzellen (Ihlder); zu Gunsten dieser Ansicht spricht die Thatsache, dass an der Schnabelspitze der Taube die Tastkörperchen dicht unter das Epithel treten oder in dasselbe eindringen oder sogar zur Hälfte gänzlich aus demselben hervorragen. Bei Säugetieren bilden solche Lagerungsverhältnisse die Regel und lassen sich besonders deutlich am Schweinsrüssel und an der Wurzelscheide der Haare wahrnehmen (Merkel). Hiernach würden die Tastkörperchen zu den freien Endigungen im Epithel gehören. Sollte sich fernerhin die Ansicht (Waldeyer) bestätigen, dass die nervösen Endscheiben solcher Körperchen als modifizierte Tastzellen zu betrachten sind, so würden sie sogar zu den Nervenendigungen in Verbindung mit Epithelzellen zu stellen sein. Die Tastzellen werden durch eine Hülle zusammengehalten, welche als Fortsetzung der endoneuralen oder Henle'schen Scheide erscheint; möglich ist es, dass die Schwann'sche Scheide ebenfalls in diese Hülle sich fortsetzt. Wir unterscheiden: a. einfache Tastzellenkörperchen, eine einzige Tastzelle umfassend, z. B. im Corium der Finger und Zehen des Menschen; die marklose Faser tritt an die Breitseite der kuchenförmigen Zelle heran und breitet sich scheibenförmig gegen dieselbe aus; b. zusammengesetzte Tastzellen (Grandry, Merkel) in der Haut des Schnabels und der Zunge der Vögel, namentlich der Schwimmvögel, aus zwei oder mehreren kuchenförmigen Zellen bestehend, welche mit ihren breiten Flächen aufeinander liegen und von einer Fortsetzung des Endoneuriums umgeben sind. Die markhaltige Nervenfaser verlässt

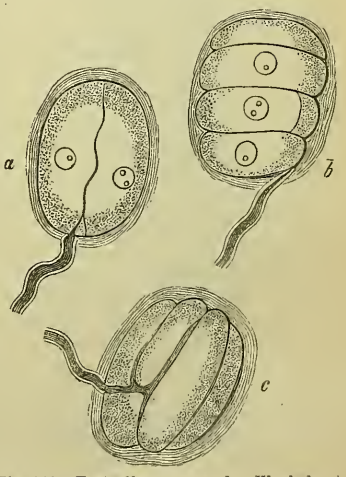


Fig. 219. Tastzellen, *a* aus der Wachshaut des Entenschnabels, *b* und *c* von den Zungenpapillen der Ente.

ihre Markhülle an der Stelle, wo sie auf die Breitseite der ersten Zelle stößt, und umgeht diese alsdann innerhalb der Bindegewebshülle als nackte Primitivfaser (Achsencylinder), um zwischen den Zellen in einer scheibenförmigen Ausbreitung ihr Ende zu erreichen. Sind mehrere kuchenförmige Zellen übereinander getürmt, so können auch mehrere Fasern oder Faseräste zwischen denselben endigen.

2. **Die Endkolben** stellen bindegewebige Endapparate dar, welche die freien Enden der Nervenfasern im Bindegewebe umgeben. Sie bestehen entweder aus einem inneren Ballen, den die Nervenfäserchen umkreisen und durchsetzen, und einer einfachen Hülle, oder aber aus einer axialen Nervenendigung und zahlreichen komplizierten Hüllschichten. Diese Körperchen liegen vornehmlich im Unterhautbindegewebe der Säugetiere, aber auch in den Sehnenscheiden, Gelenkkapseln, Muskelfascien; kurzum überall, wo das Bindegewebe mächtig entwickelt ist, können sie sich einstellen. Wir unterscheiden: a) einfache oder cylindrische Endkolben (in der Conjunctiva des Kalbes, W. Krause, Merkel; an den Sehnen, Golgi). b) Endkolben mit geknickter oder verzweigter Terminalfaser (Genitalkörperchen, Penis und Clitoris der Säugetiere). c) Zusammengesetzte Endkolben mit knäuelförmig gewundener Terminalfaser (in einfachster Form beim Rochen, Purvis, in ausgebildeter Form in der Conjunctiva des Menschen) oder mit verzweigter und gewundener Endfaser (Penis und Clitoris des Menschen). d) Tastkolben mit verzweigter und in kurzer Spirale zusammengelegter Endfaser (Meissner, Wagner, Haut der Extremitäten namentlich an deren Volarseite und am Lippenrande beim Menschen und Affen, sowie an der haarlosen Stelle am Greifschwanze von *Ateles*). e) Vater'sche oder Pacini'sche Körperchen mit gerader, einfacher Faserendigung und voluminösen, kompliziert gebauten Umhüllungen (einfachere Form in der Zunge von *Ornithorhynchus* [Poulton], ausgebildeter in den Synovialhäuten der Gelenke, im subcutanen Gewebe der Hohlhand und der Fußsohle, am Nervus dorsalis penis et clitoridis, im Mesenterium, in der Umgebung des Pancreas etc.)

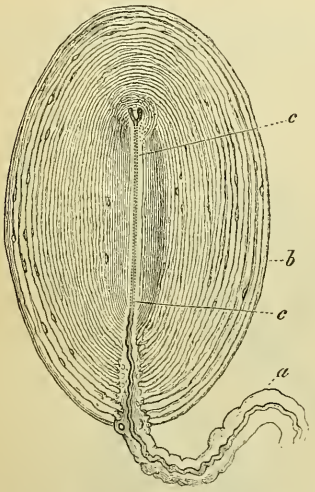


Fig. 220. Pacini'sches Körperchen aus dem Mesenterium der Katze, *a* Nervenfaser, *c* Primitivfaserendigung, *b* äußere Hülle. Nach Ecker.

Die einfachen Endkolben bestehen aus der äußeren bindegewebigen Hülle, welche mit dem Endoneurium d. h. der Henle'schen Scheide zusammenhängt, einem ebenfalls bindegewebigen Innenkolben, von welchem man nicht recht weiß, ob er als Fortsetzung der Schwann'schen Scheide zu betrachten ist, und aus der axial gelegenen Primitivfaser (Achsencylinder), welche an der Eintrittsstelle ihre Markhülle verlässt und am distalen Ende mit einer knopfförmigen Anschwellung oder ohne eine solche aufhört. Bei den unter *b* und *c* angeführten Abarten werden die Verhältnisse durch Teilung und Knickung der Terminalfaser mitsammt dem Innenkolben kompliziert. Bei *d* sind Innenkolben und Terminalfaser zugleich nicht bloß geteilt, sondern auch in enger Spirale gewunden, wobei einzelne quergelagerte Bindegewebszellen zwischen den Windungen vorkommen. Die Vater'schen Körperchen endlich sind durch die voluminöse, kompliziert gebaute, äußere Kapsel charakterisiert, deren mit anliegenden Kernen versehene Lamellen ein System quergerichteter, isoliert verlaufender feiner Bindegewebsfibrillen enthält (Retzius).

Als Abart der Vater'schen Körperchen können wir die Herbst'schen und Key-

und Retzius'schen Körperchen der Vögel auffassen, bei welchen die queren Bindegewebsfibrillen und Kerne nicht durch Membranen getrennt sind und wo zwischen Innen- und Außenkolben zwei Reihen quergestellter Kerne auftreten.

Technisches.

Die Nervenfasern studiert man am besten, indem man noch lebende Nerven in normaler Extension an ein Holzstückchen bindet und in etwa 1% Osmiumsäure fixiert. Die fixierten Teile vertragen es, im Wasser in schonendster Weise zerzupft und in Wasser oder verdünntem Glycerin eingeschlossen zu werden. Will man den fibrillären Bau der Primitivfasern sehen, so fixiere man lieber in einer Mischung von Osmium- und Pikrinsäure, oder von Osmium- und Chromsäure. Zum Studium der endocellulären Anatomie der Ganglienzellen muss man letztere möglichst isoliert in die gewöhnlichen Fixierungsmittel tauchen und dann in Schnitte zerlegen. Um Schnitte durch erhärtete Centralorgane zu erhalten, bettet man besser nicht in Paraffin ein, weil das nervöse Gewebe darin schrumpft und bröcklig wird. Man greife lieber zur Celloïdineinbettung, welche überdies den Vorteil gewährt, dass man die Schnitte jeden für sich färben kann. Sehr große Schnitte macht man unter Wasser, indem man das ganze Mikrotom in eine mit Wasser gefüllte Wanne taucht. Es lassen sich auf diese Weise ganze Menschengehirne in schöne Schnittserien zerlegen. Als Härtungsmittel gebührt dem chromsauren Kali der erste Rang in allen denjenigen Fällen, wo es sich nicht darum handelt, das innere Detail der Zellenstruktur zu enträtseln. Die Einzelheiten dieses Verfahrens findet man im technischen Teile dieses Werkes angeführt. Es sei nur darauf aufmerksam gemacht, dass man, um gleichförmige Resultate zu erhalten, Stücke von gleicher Größe in die Flüssigkeit aufhängen und bei gleichbleibender Temperatur (am besten in einem Keller), gleiche Zeiträume hindurch sich selbst überlassen muss. Sehr schöne Resultate erzielt man, wenn die Objecte aus der chromsauren Kalilösung in eine Silberlösung gebracht werden (Golgi); die Ganglienzellen färben sich im günstigen Falle bis in ihre letzten Endverzweigungen schwarz. Anstatt des chromsauren Salzes kann man auch mit einer Sublimatlösung härten und nachher versilbern. Es lässt sich überhaupt vieles von den zweifachen successiven Metallimprägnationen, dem sogen. Schönen der Photographen, welches in der Erzeugung eines Bildes durch leicht reduzierbare Metalle und dem Ersetzen der letzteren durch ein schöner gefärbtes und beständigeres Metall besteht, in der neurologischen Forschung erwarten. Für Nervenendigungen, Nervennetze und dergl. kommt man durch die Methylenblaufärbung lebender Gewebe (Ehrlich) schneller zum Ziele. Man injiziert in das Herz oder in eine große Vene eine gesättigte Lösung von Methylenblau in physiologischer Kochsalzlösung. Nach ½- bis 2stündiger Einwirkung, wobei man die zur Untersuchung bestimmten Teile möglichst der Luft ausgesetzt zu lassen hat, werden diese Teile in eine wässerige Lösung von Pikrinsäure oder von pikrinsaurem Ammoniak gebracht, je nachdem man dieselben hart zum Schneiden oder weich zum Zerzupfen wünscht. Zum Einschließen dient Glycerin; Alkohol, wenn auch nur spurweise vorhanden, zieht den Farbstoff fast momentan aus. Die Primitivfasern und deren Endigungen nehmen durch diese Methode eine tiefblaue Farbe an.

Litteratur.

Schultze, M., Elektrische Organe der Fische. Halle 1859. — Fol, H., Rippenquallen. Berlin 1869. — Babuchin, Entwicklung der pseudo-elektrischen Organe. Medicin. Centralbl. 1872. p. 545. — Fol, H., Appendiculaires. Geneve 1872. — Paladino, Terminazione dei nervi nelle cellule glandolari. Bullet. Assoc. Naturaliste

Napoli an. 3. 1872. — Ranvier, Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. Arch. de Physiol. Bd. 4. 1872. — Sachs, C., Die quergestreifte Muskelfaser. Reicherts Arch. p. 607. 1872. — Solbrig, A., Nervenelemente bei den Gasteropoden. Leipzig 1872. — Benecke, B., Durchschnittene Nerven. Virchow's Archiv. Bd. 55. p. 496. 1873. — Boll, F., Elektrische Platten von Torpedo. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 10. p. 101. 1873. — Born, G., Entwicklung der quergestreiften Muskeln. Berlin 1873. — Engelmann, Th. W., Quergestreifte Muskelsubstanz. Arch. f. Physiol. Bd. 7. S. 33 und 155. 1873. — Retzius, G. & Key, A., Nervensystem. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 9. p. 308. 1873. — Langerhans, P., Petromyzon Planeri. Freiburg i/B. 1873. — Merkel, Fr., Der quergestreifte Muskel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8. p. 244. 1872 und Bd. 9. p. 293. 1873. — Schäfer, A., Striped muscular fibre. Proc. R. Soc. Vol. 21. p. 242 u. Phil. Trans. p. 429. 1873. — Stieda, L., Amphioxus lanceolatus. Mém. Acad. Imp. St. Pétersb. Sér. 7. Bd. 19. p. 35. 1873. — Ranvier, L., Régénération des nerfs sectionnés. Compt. Rend. Acad. Paris Bd. 76. p. 491. 1873. — Ranvier, L., Système nerveux. 2 Bde. Paris 1873—78. — Fol, H., Développement des Ptéropodes. Arch. de Zool. expérim. Bd. 4. p. 1. 1875. — Holl, M., Spinalganglien. Sitzgsber. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 72. 1875. — Langerhans, P., Amphioxus lanceolatus. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11. p. 290. 1875. — Löwitt, Nerven der glatten Muskulatur. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 71. 1875. — Merkel, F., Tastzellen und Tastkörperchen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 11. p. 636. 1875. — Ranvier, L., Tubes nerveux en T. Compt. Rend. Acad. Paris Bd. 81. p. 1274. 1875. — Ranvier, L., Traité technique. Paris 1875—82. — Sachs, C., Nerven der Sehnen. Reicherts Arch. f. Anat. u. Physiol. p. 402. 1875. — Toel, G. L., Ranvier'sche Schnürringe. Dissert. Zürich 1875. — Tourneux, F. et Le Goff, R., Etranglements des tubes nerveux de la moëlle. Journ. de l'Anatomie. p. 403. 1875. — Babuchin, A., Uebersicht der elektrischen Organe. Reicherts Archiv. p. 501. Jahrg. 1876. — Ewald, A., Endigung motorischer Nerven. Pflügers Arch. f. Physiol. Bd. 12. p. 529. 1876. — Ewald, A. und Kühne, W., Neuer Bestandteil des Nervensystems. Verhdgn. Nat.-med. Ver. Heidelberg. Bd. 1. 1876. — Gerlach, L., Nervenendigungen im Froschherzen. Virchow's Arch. Bd. 66. p. 187. 1876. — Key, A. & Retzius, G., Nervensystem und Bindegewebe. Stockholm 1876. — Lanterman, A. J., Markhaltige Nervenfasern. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13. p. 1. 1876. — Leydig, F., Nerven bei Batrachiern. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. p. 513, bei Insekten. ibid. p. 542. 1876. — Mojsisovics, A. v., Nervenendigung in der Epidermis. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 73. 1876. — Ranvier, L., Traité technique d'histologie. p. 462. 1876. — Rollett, A., Nervenendigungen in einer Sehne. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien Bd. 73. 1876. — Teuscher, R., Anatomie der Echinodermen. Jen. Zeitschr. Bd. 10. p. 244 und 493. 1876. — Babuchin, A., Zitterwels (Malapterurus) und Mormyrus. Arch. f. Anat. u. Phys. Physiol. Abt. p. 250. 1877. — Boll, F., Markhaltige Nervenfasern. Arch. f. Anat. u. Entwicklg. 1877. — Carrière, J., Anastomosen der Ganglienzellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. p. 125. 1877. — Ciaccio, G. V., Muscoli striati e piastra elettrica delle Torpedine e Razze. Mem. Acad. Scienze. Bologna. Ser. 3. Bd. 8. 1877. — Edinger, L., Hautnerven bei Pterotrachea. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. — Fol, H., Développement des Hétéropodes. Arch. de Zool. expérim. Bd. 5. p. 1. 1877. — Hennig, A., Markhaltige Nervenfasern. Dissertation. Königsberg 1877. — Retzius, G., Plagiostomernas nervträdar. Nord. medic. Arkiv. Bd. 9. 1877. — Sachs, C., Zitteraal (Gymnotus). Arch. f. Anat. u. Phys. Physiol. Abt. p. 66. 1877. — Cadiat, Nerfs chez les invertébrés. Compt. Rend. Acad. Paris Bd. 86. p. 1420. 1878. — Dietl, M. J., Gehirn Wirbelloser. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien Bd. 77. 1878. — Ewald, A., Endigung d. motor. Nerven in d. quergestr. Muskeln. Arch. f. Physiol. Bd. 12. p. 529. 1876. — Golgi, C., Terminazione dei nervi nei tendini. Rendic. istituto lombardo. fasc. 9. p. 445. 1878. — Hertwig, O. u. R., Nervensystem und Sinnesorgane der Medusen. Leipzig 1878. — Kühne, W., Motorische Nervenendigung. Unters. Physiol. Instit. Heidelberg. Bd. 2. p. 187. 1878. — Nasse, O., Quergestreifter Muskel. Arch. f. Physiol. Bd. 17. p. 282. 1878. — Pierret, Cellules motrices et lon-

gueur du trajet des incitations. Compt. Rend. Acad. Paris. Bd. 86. p. 1422. 1878. — Rumpf, Th., Nervenfaser und Achsencylinder. Unters. physiol. Inst. Heidelberg. Bd. 2. p. 137. 1878. — Schultze, Hans, Nervenelemente bei Wirbellosen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 16. p. 57. 1878. — Schultze, Hans, Achsencylinder und Ganglienzelle. Arch. f. Anat. u. Physiol.-Anat. Abteil. p. 259. 1878. — Tizzoni, G., Tessuto nervoso. Arch. p. l. Scienze medic. Bd. 3. p. 1. 1878. — Fol, H., Développement des Pulmonés. Arch. de Zool. expérim. Bd. 8. p. 103. 1879. — Golgi, C., Terminazione dei nervi nei tendini. Atti Soc. Ital. Sc. nat. Milano. Bd. 21. p. 464. 1879. — Hertwig, O. u. R., Die Actinien. Jen. Zeitschr. Bd. 13. 1879. — Retzius, G., Cerebrospinalganglier nas nervceller. Nord. med. Arkiv. Bd. 11. 1879. — Rezzonico, G., Fibre nervose del midollo. Arch. Sc. mediche. Bd. 4. 1879. — Stricker, S. & Unger, L., Bau der Großhirnrinde. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 80. 1879. — Tschiriew, S., Terminaisons nerveuses dans les muscles striés. Arch. physiol. norm. et path. Sér. 2. Bd. 6. p. 89. 1879. — Waldeyer, nach V. Izquierdo, Endigung sensibler Nerven. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. p. 367 und Dissertation Straßburg 1879. — Engelmann, Th. W., Contrahierte Muskelfasern. Arch. f. Physiol. Bd. 23. p. 571. 1880. — Golgi, C., Fibre nervose midollate. Arch. p. le Sc. med. Bd. 4. p. 221. 1880. — Golgi, C., Nervi dei tendini. Mem. R. Acad. Sc. Torino. Bd. 32. 1880. — Hertwig, O., Die Chaetognathen. Jena 1880. — Hertwig, R., Bau der Ctenophoren. Jena 1880. — Ranvier, L., Leçons sur le système musculaire. Paris 1880. — Retzius, G., Cerebrospinale Ganglien. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abteil. 1880. — Stiénon, L., Ganglions spinaux des Vertébrés supérieurs. Ann. Univ. libre Bruxelles. 1880. — Wagener, G. R., Entstehung der Querstreifen auf d. Muskeln. Arch. f. An. u. Phys. Anat. Abt. p. 253. 1880. — Ehrmann, S., Nervenendigungen in den Pigmentzellen. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 84. 1881. — Engelmann, Th. W., Drüsennerven. Pflügers Arch. f. Physiol. Bd. 24. p. 177. 1881. — Engelmann, Th. W., Faseriger Bau d. contractilen Substanz. Arch. f. Physiol. Bd. 25. p. 538 und Bd. 26. p. 501. 1881. — Merkel, Fr., Contraction der quergestreiften Muskelfaser. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 19. p. 649. 1881. — Renaut, J., Gaine lamelleuse et système hyalin intravaginal. Arch. de Physiol. p. 161. 1881. — Retzius, G., Quergestreifte Muskelfaser. Biolog. Untersuch. p. 1. Stockholm 1881. — Sachs, C., Zitteraal. Leipzig 1881. — Schipiloff, C. & Danilewsky, A., Natur der anisotropen Substanz des Muskels. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 5. p. 349. 1881. — Viallanes, H., Terminaisons nerveuses motrices des Insectes. Dissertation. Paris 1881. — Emery, C., Fibres musculaires striées de quelques vertébrés. Arch. ital. de Biol. T. 2. p. 133. 1882. — Freud, S., Nerven beim Flusskrebs. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 85. 1882. — Fritsch, G., vorl. Ber. von Dubois-Reymond. Arch. f. An. u. Phys. Physiol. Abteil. p. 61 u. 387. 1882. — Lominsky, Th., Teilung der Nervenzellen. Centralbl. Mediz. Wiss. p. 434. 1882. — Martin, H., Tissu musculaire et cellules à bâtonnets. Arch. de physiol. norm. et path. p. 465. 1882. — Pfitzner, W., Nervenendigungen im Epithel. Morphol. Jahrb. Bd. 7. p. 726. 1882. — Schwalbe, G., Kaliberverhältnisse der Nervenfasern. Leipzig 1882. — Vignal, W., Système nerveux des Mollusques. Compt. Rend. Acad. Sc. Paris. Bd. 95. p. 249. 1882. — Waldstein, L. & Weber, E., Tubes nerveux à myéline. Arch. de Physiol. norm. et path. Sér. 2. Bd. 10. p. 1. 1882. — Babuchin, A., Elektrische Elemente etc. Arch. f. An. u. Phys. Physiol. Abteil. p. 239. 1883. — Bremer, L., Endigungen von Nerven im quergestr. Muskel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 21. p. 165 und 663 und Bd. 22. p. 348. 1883. — Ciaccio, G. V., Terminazione delle fibre nervose nei muscoli delle torpedini. Mem. Accad. Bologna. Ser. 4. Bd. 4. p. 821. 1883. — Poulton, E. B., Tongue of Ornithorhynchus. Quart. J. micr. Sc. Bd. 23. p. 453. 1883. — Thanhoffer, L. v., Nervenendigung der quergestr. Muskelfasern. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 21. p. 26. 1883. — Bedot, M., Développement des nerfs spinaux. Rec. Zool. Suisse. Bd. 1. p. 161. 1884. — Fritsch, G., Embryologie von Torpedo. Arch. f. An. u. Phys. Physiol. Abteil. p. 74. 1884. — Golgi, C., Organi centrali del sistema nervoso. Riv. sperim. freniatr. e medic. leg. 1884. — Grützner, P., Quergestr. Muskeln. Rec Zool. Suisse. Bd. 1. p. 665. 1884. — Kühne, W., Motorische

Nervenendigung etc. Verh. naturh. med. Ver. zu Heidelberg. Bd. 3. p. 223, 238, 277. 1884. — Vignal, W., Développement de la moëlle. Arch. de Physiol. p. 177 et 364. 1884. — Boveri, Th., Nervenfasern. Abh. K. Bayer. Akad. Wiss. München 1885. — Fol, H., Anatomie microsc. du Dentale. Compt. Rend. Acad. Paris. Bd. 100. p. 1352. 1885. — Golgi, C., Organi centrali del sistema nervoso. Riv. sper. di freniatr. e medic. leg. An. 11. 1885. — Haller, B., Rhipidoglossen. Morphol. Jahrb. Bd. 11. p. 321. 1885. — Harmer, S. F., Loxosoma. Quart. J. micr. Sc. Bd. 25. p. 261. 1885. — Heathcote, F. G., Sense organ in the Scutigera. Quart. J. micr. Sc. Bd. 25. p. 235. 1858. — Melland, B., Striped muscle fibre. Quart. J. micr. Sc. Bd. 25. p. 371. 1885. — Moseley, H. N., Eyes of Chitonidae. Quart. J. micr. Sc. Bd. 25. p. 37. 1885. — Niemiec, J., Ventouses dans le règne animal. Rec. Zool. Suisse. Bd. II. p. 1. 1885. Nimiec, J., Système nerveux des Ténias. Rec. Zool. Suisse. Bd. II. p. 589. 1885. — Rohde, E., Muskulatur der Chaetopoden. Schneiders Zool. Beitr. Bd. 1. p. 164. 1885. — Rollett, A., Quergestreifte Muskelfasern. 2 Teile. Wien 1885. — Scharff, R., Priapulus and Halicryptus. Quart. J. micr. Sc. Bd. 25. p. 193. 1885. — Trinchese, S., Terminazioni nervose. Atti R. Accad. Lincei. Vol. 1. 1885. — Boveri, Nervenfasern. Abhdln. Bayer. Akad. d. Wiss. Bd. 15. 1886. — Cattani, J., Appareil de soutien de la myéline. Arch. ital. de Biol. Bd. 22. p. 354. 1886. — Flesch, M. & H. Koneff, Structur der Ganglienzellen. Neurol. Centralbl. Jahrg. 5. p. 145. 1886. — Gehuchten, van, Cellule musculaire striée. La Cellule. Bd. 2. 1886. — Haswell, W. A., Glandular Ventricle of Syllis. Quart. Journ. micr. Sc. Bd. 26. p. 471. 1886. — His, W., Embryonale Ganglienzellen. Ber. K. Sächs. Gesell. Wiss. p. 290. 1886. — His, W., Menschliches Rückenmark und Nervenwurzeln. Abhandlgn. K. Sächs. Ges. Wiss. 1886. — Kühne, W., Motorische Nervenendigung. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 23. 1886. — Macallum, A. B., Nerve terminations of Tadpole. Quart. J. micr. Sc. Bd. 26. p. 53. 1886. — Rietsch, M., Géphyriens armés. Rec. Zool. Suisse. Bd. III. p. 313. 1886. — Rhode, E., Nervensystem der Chaetopoden. Sitzungsber. Berl. Akad. Bd. 39. p. 781. 1886. — Rosenberg, L., Nervenendigungen der Säugethierzunge. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 93. p. 164. 1886. — Schiefferdecker. P., Histologie der Retina. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 28. p. 305. 1886. — Biedermann, W., Nervenendigungen in den quergestr. Muskeln der Wirbellosen. Sitzgsber. Wiener Akad. Bd. 96. Abth. 3. 1887. — Ciaccio, G. V., Muscoli delle ali degli insetti. Mem. R. Accad. Sc. Bologna. Ser. 4. Bd. 8. 1887. — Emery, C., Muscolatura della Nephtys. Mitth. Zool. Stat. Neapel. Bd. 7. p. 371. 1887. — Fritsch, G., Die elektrischen Fische. Leipzig 1887 u. f. — Gedoelst, L., Fibre nerveuse. La Cellule. Bd. 3. p. 117. 1887. — Haller, B., Leydig'sche Punktsubstanz im Centralnervensystem. Morphol. Jahrb. Bd. 12. p. 325. 1887. — Hofer, B., Speicheldrüsen und deren Nerven bei Blatta. Nov. Act. k. Leop. Car. Akad. d. Naturf. Bd. 51. p. 349. 1887. — Hoffmann, E. F., Nerven und Bindegewebskörperchen. Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 95. 1887. — Jourdan, Fibres musculaires d'Annélides polychètes. Compt. Rend. Acad. Paris. Bd. 104. p. 795. 1887. — Köhler, R., Fibres musculaires des Ediophtalmes. Journ. de l'Anat. et de la Phys. p. 113. 1887. — Krause, W., Nervenendigung im elektrischen Organ. Internat. Monatschr. f. Anat. u. Phys. Bd. III. p. 285. Bd. 4. p. 371. 1887. — Kultschitzky, N., Verbindung der glatten Muskelfasern. Biol. Centralbl. Bd. 7. p. 572. 1887. — Macallum, A. B., Termination of nerves in the Liver. Quart. J. micr. Sc. Bd. 27. p. 439. 1887. — Mitrophanow, P., Periphere Nervenendigungen. Mitth. k. Ges. d. Freunde d. Naturk. Moskau. Bd. 50. 1887. — Nansen, Fridtjof, Nervensystem der Myzostomen. Jen. Zeitschr. Bd. 21. p. 267. 1887. — Planner, R. v., Endkörperchen in der männlichen Harnröhre. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 31. p. 22. 1887. — Podwyssozki, W., Quergestr. Muskeln in der Lippenhaut. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3. p. 327. 1887. — Rawitz, B., Nervensystem der Acephalen. Jen. Zeitschr. Bd. 20. p. 384. 1887. — Rhode, E., Nervensystem der Polychaeten. Schneiders Zool. Beitr. Bd. 2. 1887. — Schiefferdecker, P., Nervenfasern. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 30. p. 435. 1887. — Daae, H., Spinalganglienzellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 31. p. 223. 1888. — Ewart, J. C., Electric Organ of

Raja. Proc. Roy. Soc. p. 120, 213, 270 u. Phil. Trans. No. 34 u. 39. 1888. — Fritsch, G., Centralnervensystem von Lophius. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 27. p. 13. 1888. — Galeazzi, R., Nervi dei muscoli dei Bivalvi. Atti R. Acad. Sc. di Torino. Bd. 23. 1888. — Gehuchten, A. v., Cellule musculaire striée. La Cellule. Bd. 4. p. 245. 1888. — Jakimovitch, J., Cylindre-axe et cellules nerveuses. Journ. de l'Anat. An. 23. p. 142. 1888. — Joseph, Nervenfasern. Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abt. p. 184. 1888. — Kerschner, L., Besonderes Muskelsystem. Anat. Anzeiger. p. 126. 1888. — Kölliker, A., Quergestreifte Muskelfasern. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 47. p. 689. 1888. — Ramón y Cajal, S., Fibres musculaires des Insectes. Internat. Monatschr. f. Anat. Bd. 5. p. 205. 1888. — Retzius, Myelinhaltige Nervenfasern bei Evertebraten. Verh. Biol. Ver. Stockholm. Bd. 1. 1888. — Rollett, A., Flossenmuskeln des Seepferdchens. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 32. p. 233. 1888. — Carrière, J., Ueber Molluskenaugen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 33. p. 378. 1889. — Felix, W., quergestr. Muskulatur. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 48. p. 224. 1889. — Fol, H., Anatomie microsc. du Dentale. Arch. de Zool. expér. Bd. 7. p. 91. 1889. — Gedoelst, L., Fibre nerveuse. La Cellule. Bd. 5. p. 127. 1889. — Grassi; B. & Castronovo, A., Geruchsorgan des Hundes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 34. p. 385. 1889. — Haswell, W. A., Striated muscle. Quart. J. micr. Sc. Bd. 30. p. 31. 1889. — His, W., Die Neuroblasten. Arch. f. Anat. und Phys. Anat. Abt. p. 249. 1889. — Paladino, G., Sistema nervoso centrale. Rend. C. R. Accad. Sc. Napoli 1889. — Retzius, G., Myelinhaltige Fasern bei Evertebraten. Verh. biol. Ver. Stockholm. Bd. 1. p. 58 et 83. 1889. — Retzius, G., Achsencylinder der Nervenfasern. Verh. biol. Ver. Stockholm. Bd. 1. 1889. — Vignal, W., Développement du Système nerveux. Paris 1889. — White, W. H., Sympathetic ganglia. Journ. of physiol. Bd. 10. p. 341. 1889. — Dogiel, A. S., Methylenblautinction. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 35. p. 305. 1890. — Marshall, C. F., Striped and unstriped muscle. Quart. J. micr. Sc. Bd. 27. 1887 u. Bd. 31. p. 65. 1890. — Porter, W. T., Ranviers constrictions in the spinal cord. Quart. J. micr. Sc. Bd. 31. p. 91. 1890. — Purvis, G. C., Terminal organs of the Skate. Quart. J. micr. Sc. Bd. 30. p. 515. 1890. — Ranvier, L., Leçons sur le système musculaire, recueillies par Renant. Paris 1890. — Ranvier, L., Contraction d. fibres musculaires. Compt. Rend. Acad. Paris. Bd. 110. p. 613 u. 504. 1890. — Retzius, G., Ganglienzellen des Sympathicus. Verh. Biol. Ver. Stockholm. Bd. 2. p. 16. 1890. — Retzius, G., Nervensystem der Crustaceen. Biol. Unters. Neue Folge. Bd. 1. Stockholm 1890. — Retzius, G., Muskelfibrille und Sarkoplasma. Biol. Unters. p. 50. Stockholm 1890. — Smirnow, A., Sympathicus der Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 35. p. 407. 1890. — Dogiel & Tumänzew, Nervensystem des Herzens. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 36. p. 483. 1890. — Weliky, B., Nervenendigungen in Hilfsdrüsen. Arb. S. Petersb. Naturh. Ges. Bd. 21. 1890 (russisch).

Sach-Register.

Die fettgedruckten Zahlen beziehen sich auf diejenigen Seiten, auf denen der Gegenstand eingehend besprochen wird.

Abbe's Beleuchtungsapparat 40, **43**, — Camera lucida 70, — Immersionsflüssigkeit 36, — stereoskopisches Okular 60.

Abbildungsverfahren; Messmethoden 66, — Mikrometervorrichtungen 67, — Masseinheiten 67, — Zeichenapparate 68, — Ausführung der Zeichnung 71, — Schematisieren 73, — Abbildung gefärbter Präparate 74, — Photographie 75, — Reduktionen 82, — Vervielfältigung 83, — Rekonstruktion 85, — Modellieren 85, — Litteratur 86.

Aberration, chromatische **29**, 53, — sphärische **30**, 54, — Prüfung derselben 54.

Abgrenzungsvermögen der Mikroskope 38.

Abkochen der Gewebe (Macerieren) 109.

Abnorm befruchtete Eier 295.

Absoluter Alkohol, siehe Alkohol.

Absonderungen und Erzeugnisse der Zelle. Drüsenzellen 303, — Endocelluläre Ablagerungen 310, — Innere Skeletbildungen 316, — Innere Membranbildungen 323, — Äußere Membranbildungen 328, — Cuticulare Fortsatzbildungen 331, — Exocelluläre Skeletbildungen 334 — Intercellularbildungen 335, — Bindegewebe 336, — Knorpelgewebe 339, — Kalkskelet 345, — Zusammengesetzte Bindegewebe 353.

Absonderungszellen, siehe Drüsenzellen.

Abtöten von Tieren 9.

Acalephae, Muskelfasern 373, — Nematocysten 327, — Nervöse Elemente 382, — Schirmgallerte 338, 347.

Acanthias, Muskelfasern 369, — Retina 321.

Acanthin 318.

Acanthocephali, Muskelfasern 373.

Acanthocystis, Kerntheilung 298, — Pseudopodien **226**, 318, 357.

Acanthometrae, Pseudopodien 225, — Skelet 318.

Acanthopterygii, Flossenstrahlen und Hautstacheln 348.

Acarina, Cuticularbildungen 333.

Aceton, Reaktion 150.

Achromatin **267**, 287.

Achromatische Figur 260, — Kernhülle 245, — Kernspindel 260, — Kernsubstanz 245, — Nucleolen 245.

Achrooglykogen 150.

Achsencylinder, siehe Primitivfaser.

Achsenfäden, Pseudopodien 225, 317.

Achsenskelet, Anthozoa 337.

Acidalbumine, Circumpolarisation 171, — Reaktion 156.

Acidum aceticum glaciale, Herstellung von Essigsäure 96.

Acineta mystacina, Kerne 248, — Saugfüßchen 227.

Acinetina, Körperform 222.

Acinöse Hautdrüsen 310.

Actinidae Myoblasten 358.

Actinobolus, Tentakel 227.

Actinolophus, Achsenfäden 318, — Kernteilung 298, — Pseudopodien 225.

Actinophrys, Achsenfäden 318, — Contractile Vacuole 306, — Kern 246, — Pseudopodien 226.

Actinosphaeriidae, Kern- und Zellteilung 297.

Actinosphaerium, Mehrkernigkeit 247, — Pseudopodien 225, 226.

Adamkiewicz, Nachweis von Albuminaten 153.

Äquatorialkrone **259**, 290.

Äquatorialrose 259.

Äskulinlösung, Sichtbarmachen der ultravioletten Linie 62.

Äther, Extrahieren von Lecithin 364, — als Lösungsmittel 141, 161. — zum Abtöten 9.

Ätherspray 113, 126.

Ätzkali, siehe Kalilauge.

Ätznatron, siehe Natrium.

Agalmopsis, Muskelfasern 373.

Agar-Agar, siehe Seetangleim.

Akinese, siehe Direkte Zellteilung.

Alaun, Auslaugen von Salpetersäurepräparaten 101, — Behandlung photographischer Trockenplatten 78, — zum Entfärben 183, — als Reagens 160, —

Zusatz zu Färbemitteln 181, 182, 183, 184, 191, 196. — beim Präparieren 9.
Alauncarmin, nach Grenacher 184, — zum Nachfärben nach Hämatoxylin 193.
Alauncochenille 184.
Alaunglycerin, Zusatz zu Hämatoxylin 182.
Albertotypie 82.
Albumin, Aufstellen von Objekten 132, — als Einbettungsmasse 116.
Albuminate, Reaktionen 153, 159, 160.
Albuminpapier 79.
Albuminsubstanzen, Fixieren 95.
Alciopa, Pigmentzellen 315.
Alcool au tiers, siehe Alkohol.
Alcyonella, quergestreifte Muskelfasern 373.
Alcyonidae, Skelet 335.
Alcyonium, Scleriten 335.
Aleuronkörner 174, **313.**
Alferow, Silberimprägnation 178.
Alkalien, als Lösungsmittel 323, — zum Macerieren 110, — Reaktion mit Tropäolin 173.
Alkaliphosphate, Reaktion 173.
Alkalische Farbstofflösungen 183, 186, — Reaktionen 156.
Alkaloide, Einfluss auf die Befruchtung 297.
Alkanna, als Reagens 172.
Alkohol, Abspaltung aus Glycerin 136, — zum Auswachsen 102, 179, 183, 185, 186, — Benetzen zu schneidender Objekte 114, 115, — Darstellung von Färbemitteln 181, 183, 184, 185, 186, — als Einschlussmedium 136, 137, 138, 367, 380, 381, — bei Färbungen 174, — als Fixierungsmittel **104**, 117, 186, 204, 314, 366, 381, — als Härtungsmittel 99, **104**, 114, 115, 116, 118, 119, 125, 187, — bei Injektionen 17, — als Lösungsmittel 117, 124, 139, 141, 144, 315, — als Reagens 161, 163, 164, — als Zusatzflüssigkeit beim Präparieren 9, — absoluter, Aufbewahrung 104, — dreißigprocentiger, zum Macerieren 109, — angesäuerter, zum Entkalken 112, — nach Färbungen 185.
Alkoholischer Carmin 184.
Allantoin, Löslichkeit 161.
Althea rosea, als Testobjekt 55.
Altmann, Fixierungsmethode 98, — Macerationsmethode 110, — Ölinjektion 17.
Aluminium (schwefelsaures), als Reagens 166.
Ameisensäure, als Einschlussmittel 194, — zum Entfärben 112, 192, — zum Entkalken 112, — als Fixierungsmittel 97, siehe auch Goldimprägnation.
Amide 152, 161, 167.
Amitotische Kernteilung 293, — Kinese 278, — Zellteilung 299.
Ammoniak, Bereitung von Färbemitteln 182, 183, 189, 190, 194, 195, — bei Injektionsmassen 17, — als Reagens 156, — zum Verstärken von Negativbildern 78, — (carminsaures) zu Injektionen 20, — (einfachchromsaures) als Fixierungsmittel 106, — (kohlensaures) Auslaugen von Osmiumsäurepräparaten 101, — bei Injektionsmassen 16, — Picrocarminbereitung 195, — (molybdänsaures) als Färbemittel 180, — (pikrinsaures) als Härtungsmittel 109, — (schleimsaures) Bereitung von Nährmedien 205; Siehe auch die Ammoniumverbindungen.
Ammoniak-Alaun, Zusatz zu Färbemitteln 182, 184.
Ammoniak-Magnesia, Krystalle 166.
Ammoniakalischer Carmin (Schweigger-Seydel) 184.
Ammoniumbichromat, als Härtungsmittel 105, — zum Macerieren 380.
Ammoniumcarbonat, Bereitung von Färbemitteln 189.
Ammoniumsilbernitrat, siehe Silberimprägnation.
Amoeba, Ektosark 328, — Kern- und Zellteilung 297.
Amoebaea, Kern 246, 247, 254, — Plasma 220, — Pseudopodien 224, 225.
Amoeboide Fortsatzbildung der Zelle 224.
Amphiaster 258, **259**, 260, 262, 284, — abnorme Lage 280.
Amphiasteraxe, Richtung 260.
Amphiasterstiel 295.
Amphibia, Ei 312, — Epithelzellen 231, — Farbstoffe 170, — Hautdrüsen 307, — Hautfarbstoffe 170, — Kerne 252, 292, — Leberzellen 309, — Muskelfasern 370, 372, 374, 376, 377, 380, — Nervensystem 322, 389, 394, 399, 400, 401, 403, 406, — Niere 330, — Pigmentzellen 353, — Skelet 348, 351, — Seitenorgane 236, — Sinnesorgane 343, — Zellteilung 287, 288, 292.
Amphibieneier, Fixieren 99, — Härten 106.
Amphileptus fasciculatis, Kern 249, — Trichocysten 324.
Amphioxus, Intercellularsubstanz 336, 337, — Kapselgewebe 338, — markhaltige Nervenfasern 394, — Muskelfibrillen 371, — Muskelkerne 371, — Myoblasten 372, — quergestreifte Muskelfasern 377, — Retina 345.
Amphipleura pellucida, als Testobjekt 57.
Amylalkohol, siehe Goldimprägnation.
Amyloidentartung der Gewebe 314.
Amyloidsubstanzen, Färbung 193, — Reaktionen 150, 192, — Vorkommen 313.

Amylum, Reaktionen 150, 164, — Vorkommen 313.
Anakinese, Echinodermenei 269.
Analdrüse, Hymenoptera; Endocellulargang 305, 306.
Analysator 64.
Analyse, quantitative 159.
Anaphase, Definition 258, — Nematodenei 271, — *Salamandra* (Gewebezellen) 276, — Seeigelei (lebend) 263.
Anchonische Zellteilung, siehe Direkte Zellteilung.
Andres, Abtöten von Tieren 9, — Schnittstrecker 131.
Angelucci, Färbung der Aleuronkörner 174.
Angerer & Göschl, Linienpapier für Photozinkographie 84.
Angesäuerter Alkohol, siehe Alkohol.
Anguis fragilis, Ganglienzellen 389.
Anilinblau, siehe Successive Mehrfachfärbungen.
Anilinfarben 185, 186, 187, 191, 192, 193, 195, 196, 197, 198, 243, — (essigsaure) 187, 240.
Anilinöl, Zusatz bei Färbungen **186**, 196, 204.
Anilinschwarz 194.
Anilinviolett 197.
Anilocra, Kernstrukturen 241, 251.
Anisotrope Scheiben, quergestreifte Muskelfaser **364**, 381.
Annelides, Borsten 318, — Kiefer 333, — Muskelfasern 363, 373, 374, — Myoblasten 358, — Nervensystem 397, 401, — Pigment 315, — Rhabditen 317, — Retina 315, — Seitenorgane 236.
Anodonta, Abtöten 9, — Polzellenbildung 281, — Wimperepithel der Kiemen 234.
Anonymus virilis, Sagittocysten 327.
Antedonin 315.
Anthea cereus, Muskelfasern 358.
Anthophora hirsuta, Schlunddrüsenzellen 305.
Anthozoa, Abtöten 9, — nervöse Elemente 382, — Nesselkapseln 325, — Skelet 335, 337, — Spirocysten 327.
Antimeren, Knospenbildung 215.
Antipathidae, Skelet 335.
Anziehungscentren, Kinese 293.
Aphodias rufipes, Scheibenzerfall der Muskelfaser 366.
Aphroditidae, Riesennervenfasern 397.
Apis, Bürstenbesatz des Darmepithels 330, — Submaxillardrüsenzellen 305.
Aplanat von Steinheil, für stereoskopische Aufnahmen 80.
Aplysia punctata, Gerüstgewebe der Leibesböhlenwand 323.
Aplysina, Kontraktilität 357, — Skelet 335.
Aponeurosen, elastisches Bindegewebe 345.
Appendicularidae, Ektodermdrüsen 306, — Mantel 348, — Muskelfasern 369, 376, — Muskelkerne 369, — Nervenendigungen 400, 402, — Riechgrube 231, — Tastorgane 333.
Arachnoidea, Ei 313, — Retina 316.
Araneidae, Amitotische Kernteilung der Samenbildungszellen 278.
Ararot 315.
Arbeitstisch, Stellung und Konstruktion 41.
Archoplasmakugeln **272**, 284.
Arenicola, Blutzellen 225, — doppelschräggestreifte Muskelfasern 362.
Argenteakrystalle, Squalides 315.
Arsenige Säure, als Einschlussmedium 135.
Arsenigsäure, siehe Osmiumsäurefärbung.
Arterienwandungen, Bindegewebe 337, 345.
Arthropoda 104, 188, 190, 229, 236, 238, 239, 240, 241, 250, 254, 278, 280, 285, 287, 288, 290, 291, 292, 299, 304, 305, 307, 309, 311, 312, 313, 315, 316, 329, 330, 333, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 371, 372, 378, 379, 383, 393, 397, 399, 400, 403.
Asbest, Verschluss von Kulturgefäßen 206.
Ascaltis goethei, Spicula 334.
Ascandra echinoides, Spicula 334, — *falcata*, Spicula 334.
Ascaridae, Plasmastruktur der Eier 217.
Ascaris megalocephala, Eiteilung 269, 288, 290, 291, 292, — Samenzellenteilung 278, 291.
Ascetta primordialis, Spicula 334, — *sceptum*, Spicula 334.
Ascidia mamillata, entartete Eizellen 310.
Ascidiae, Eiteilung 284, — Follikelzellenbildung 301, — Mantel 222, 338.
Asparagin, Nachweis durch Kupferoxyd 160.
Asparaginsäure, Circumpolarisation 171, — Krystalle 167, — Löslichkeit 161.
Asphalt, zu Injektionen 18.
Asphaltlack, Umranden mikroskopischer Präparate 144, — Ankitten von Glaszellen 146.
Aspidiscidae, Hauptkern 248.
Astacus, Blutzellen 225, — Hüllen der Nervenfasern 397.
Asteren 99, 256, **259**, 260, 264, 265, 266, 269, **283**, 291, 293, 298.
Asterias glacialis, Eiteilung 261.
Asteroidea, Ei 222, — Einschläfern 9, — Eiteilung 261, — Gerüstsubstanzen 338, — Körpergallerte 347, — Skelet 347.
Asterradien 262, 269, 270, 275, 280, 281, **283**.

Astrocentren 259, 260, 264, 271, 273, 280, **282**, 294.
Astrocoel 264, 268, **282**, 298.
Astrokinese 257.
Astrosphäre 264, 269, 280, **283**.
Ateles, Tastkolben 408.
Attraktionssphären 284.
Aufhellen von Bakterienpräparaten 203.
Aufkleben von Schnitten, siehe Schnitte.
Auflösungskraft der Objektive 55.
Aufstellen von Bakterienpräparaten 205.
Auge, Annelides 315, — Arthropoda 188, 237, 315, — Mollusca 237, — Turbellaria 237, — Vertebrata 237, 315, 345.
Augenkapselhaut, Evertebrata 315.
Aurelia aurita, quergestreifte Muskelfasern 373.
Auspinseln dünner Schnitte zum Isolieren von Zellen 108.
Auswässern fixierter Trockenplatten nach Fol 78.
Auswaschen nach Hämatoxylin 183, — nach Boraxcarmin 185.
Aves, Auge 345, — Ei 342, — Farbstoffe 170, — Federn 170, 315, — Gewebskerne 253, — Hautdrüsen 310, — Knochenbildung 350, — Knochenwachstum 351, — Muskelfasern 377, — Nervenfasern 394, — Terminalkörperchen 407, 409.
Axolotl, Eiteilung 276, — Schleimzellen 308.

Bach's lithographische Anstalt 83.
Bachmann, Carminsaure Ammoniaklösung 190, — Glyceringelatine 138.
Bacterium termo, Biologische Analyse 172.
Bakterienhaltige Schleimklumpen, Präparate 203.
Bakterienpräparate, Färbung 186, 197.
Balanoglossus, Epithelzellen 223, — Larve, Körpergallerte 347.
Barfod's Probe (Traubenzucker) 158.
Barytwasser, zum Macerieren 110, 342.
Basalzellen, Arthropoda 383.
Bastian, Glycerinmischung 137.
Batrachia, Larven; Kernteilung der Myoblasten 372.
Bauchfellepithel (*Salamandra*), Kernteilung 274, 275, 276.
Baumann, Kynurensäurereaktion 151.
Baumgarten, Präparate von Tuberkelbacillen 203.
Baumwolle, Reaktion mit Millon's Reagens 153, — Verschluss von Kulturgefäßen 206.
Beale, Carmin 174, **190**, — Kompressionsapparat für Glycerinpräparate 147, — Injektionsflüssigkeiten 17.
Becherförmige Organe 236.
Becherförmige Schwingmembranen 232.
Becherzellen 190, **307**.
Beck, Beleuchtungsapparat 42, — Objektive 33.
Begrenzungsvermögen der Objektive, Prüfung 55.
Beleuchtung beim Mikroskopieren 38, 43, — beim Mikrophotographieren 76.
Beleuchtungsapparate. Plankonvexe Linse 39, — Bull's eye Condensor 39, — Lieberkühn'scher Spiegel 39, — Wenham's »parabolic reflector« 39, — Abbe'scher Beleuchtungsapparat 39, 42, — Zeiss'scher Illuminator 40, — Seibert & Krafft's Illuminator 40, — Spiegel zur Beleuchtung bei durchfallendem Licht 40, 41, — Thury'sches Stativ mit Parallelogramm-Spiegelhalter 41, — Schusterkugel 41, — Ranvier's Metallglocke zur Beleuchtung 41, — Kobaltglascylinder 41, — Gefärbte Gläser 41, — Vorrichtungen, das direkte Licht von den Augen abzuhalten 41, — Flögel's Camera obscura 41, — Engelmann's Camera obscura 41, — Arbeitstisch mit Beleuchtung von unten 41, — Blenden 42, — Substage 42, — Lichtkonzentrationsvorrichtungen 42, — Beck's Beleuchtungsapparat für mikr. Objekte 42, — Powell & Lealand's Beleuchtungsapparat f. mikr. Objekte 42, — Abbe's Beleuchtungsapparat 42, — Zeiss'scher Kondensator, nach Abbe 43, — Prismen für seitl. Beleuchtung 43, — Wassertropfen zwischen Kondensor und Objekt 43.
Bence-Jones, Chinoidin 171.
Bengal-Rosa nach Griesbach 192, 197.
Benzin, Paraffinschnitte 123, 133; siehe auch Asphaltlack.
Benzinger, Platten für Zinkographie 84.
Benzoësäure, Macerieren von Muskelfasern 381, — als Reagens 156.
Benzol, Anfeuchten der Deckgläschen 140, 141, — als Lösungsmittel 139, 140, — als Reagens 161.
Benzolbalsam, Einschlussmedium für Bakterienpräparate 205.
Beobachtung lebender Gewebe. Studium lebender Tiere 87, — Festlegen durch Kapillaradhäsion 87, — Froschlarvenhalter von F. E. Schulze 88, — Einschläfern nach Fol 88, — Lebende Infusorien 88, — Kompressorien nach Fol 88, — Hängender Tropfen nach Selenka 89, — Gaskammer nach Ranvier 90, — Feuchte Kammer nach Recklinghausen 90, — Heizapparat nach M. Schultze 91, — nach Strecker 91, — nach Ranvier 92, — der Genfer Werkstätte 93, — nach Sachs 93, — Apparate für schnellen Temperatur-

wechsel nach Hartley, Seymons, Flesch 93, — Elektrisiervorrichtungen 94.
Berliner Blau, zu Injektionen 14, 17.
Bernard, Nachweis von Dextrin und Glykogen 150.
Bernsteinsäure, Krystalle 168, — Löslichkeit 161, — als Spaltungsprodukt des Glycerins 136.
Betz, carminsaurer Ammoniak 189, — Härtung mit Kaliumbichromat 105.
Biamphiaster 295.
Bichromatpräparate, Färbung 184.
Bicorona **259**, 276, 278, 291, 298.
Bildschärfe 41.
Bildungsdotter 284.
Bildverzerrung 30.
Bilirubin, Krystallform 166.
Bindegewebe; Definition 336, — Chemische Natur 337, — Kapselgewebe 338, — Hyaliner Knorpel 339, — Faserknorpel 340, — Netzknorpel 341, — Faseriges Bindegewebe 342, — Gallertgewebe 344, — Elastisches Bindegewebe 345, — Plagiogenes Gallertgewebe 347, — Knochengewebe 348,—Zusammengesetzte Bindegewebe 353.
Bindegewebe, Centralnervensystem 319, — Einschlüsse 311, 314, 315, — Elektrische Organe 404, 405, — Färben 180, 187, — Fixieren 98, — Nervenfasern 391, 393, — Nervenendigungen 401, 408, — Quellen 100, — Reaktionen 164.
Bindegewebskerne, Färbbarkeit 191.
Bindegewebszellen, Kontraktilität 356, — Gestalt 222.
Binokularmikroskope 59, — Prüfung 61.
Binokulartubus, englischer 59, — von Nachet 61.
Biologische Analyse 172.
Bipolare Ganglienzellen 387, **388**.
Bismarckbraun 81, **185**, 187, 198.
Biuritreaktion 159.
Bizzozero, Färbung der Blutplättchen 198.
Blanc, H., Fixierungsmethode 100.
Blatta, Nervenendigungen an Drüsenzellen 400.
Blei, essigsaures, zur Pepsingewinnung 164.
Bleiessig, zur Gewinnung des Rotkohlfarbstoffs 192.
Bleioxyd, essigsaures als Reagens 160, — salpetersaures, Herstellung von Injektionsmassen 15.
Bleizucker, bei Injektionsmassen 15.
Blenden für Mikroskope 42.
Bleu de Lyon 192, siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Blut, Diastasegewinnung 163, — Fixierung 103, — Hämingewinnung 155, — Krystalle 155, — Spektrum 170.
Blutcochenille 185.
Blutgefäße der Warmblüter, Fixierung 103.
Blutkapillaren, Gestalt der Wandungszellen 221.
Blutkörperchen, Fixieren 103, — weiße, siehe Leucocyten.
Blutlaugensalz. Färbung von Wimperzellen 234, — Nachweis von Kernstrukturen 240, — Nachweis des Plastins 210, 217, — Verstärken der Negativbilder 78.
Blutplättchen, Färbung 198.
Bodo jaculans, Geißel 227.
Bödecker, Reaktion auf Chlorrhodinsäure 151.
Böhmer'sches Hämatoxylin **181**, 193.
Böttcher, Goldimprägnation 176, — Traubenzuckerprobe 158.
Bogdanow, Löslichkeit des Zoonerythrins 161.
Bogenfasern, elektrische Organe 405.
Boll, Ausquetschen der Weichteile zur Untersuchung 111.
Bombus, Nervenendigungen an Drüsenzellen 400.
Bonellia minor, Borsten 318.
Borate, Reaktion 173.
Borax, Darstellung von Boraxcarmin 185, — Darstellung von Indigcarmin 193, 196, — bei Weigert's Hämatoxylin 193, — Zusatz zu Trypsin, zur Fäulnisverhinderung 164.
Boraxcarmin 174, **185**, 243, 247, 262, — nach Grenacher 185, — nach Thiersch 185, 190. — nach Woodward 185.
Born, Einbettungsverfahren 123, — Modelle aus Querschnitten 86.
Borsäure, zum Auswaschen nach Färbungen 190.
Borsten, Vermes 333.
Borstenbildungen, Annelides 318.
Bos, Endkolben 408, — Fettzellen der Cutis 311, — Ohrknorpel 341.
Bothriomyrmex meridionalis, Analdrüse 305.
Bouillon, als Nährmedium 207.
Brachinus crepitans, Muskelfasern 367.
Brandt, K., Kernfärbung intra vitam 198.
Braun, Fixieren von Embryonen 99.
Brechungsvermögen der Kerne 238.
Brennpunkt, siehe Linsen.
Bristolpapier 71.
Brösicke, Differenzierung der Osmiumfärbung 174.
Brom, als Reagens 151.
Bromkalium, bei Injektionsmassen 16, — zur Verzögerung der Entwickelung von Platten 77.
Bromsilberemulsionstrockenplatten 77.
Bronchien (*Homo*), Flimmerorgane 229.
Brown'sche Molekularbewegung, als Testobjekt 58.

Brucin, als Reagens 173.
Brücke, Hämatinreaktion 157, — Injektionsmasse 14, — Lupen 10.
Brun, Immersionsflüssigkeit 37.
Bryozoa, Muskelfasern 373.
Buchner, Zersetzung des Gallentaurins 163.
Bürstenbesatz, Zellmembran 329, 330.
Bulls eye Condensor 39.
Bunge's Emulsion für Albumineinbettung 117.
Bursaria, Trichocysten 324, — *flava*, Hauptkern 248, — *truncatella*, Hauptkern 248.
Butylalkohol, Gewinnung aus Glycerin 136.

Cahn, A., Wirkung des Alkohols auf Osmiumsäure 174.
Calberla, Albumineinbettung 117, — Methylgrün 192.
Calcispongia, Skelet 334.
Calcium, siehe Kalk.
Caldwell, Aufkleben von Schnitten 133.
Camera lucida 68.
Camera obscura 41.
Campecheholzextrakt, Ersatz für Hämatoxylin 181.
Canadabalsam, als Einschlussmedium 117, 138, **139**, 182, 183, 192, 193, 196, 243, 284, 381, — zum Ankitten von Glaszellen 146, — zum Ankitten von Hartgebilden beim Schleifen 112, — zu Injektionen 12, — beim Präparieren 8, — mit Damarlack 140.
Canadabalsamflasche 139.
Canis, markhaltige Nervenfasern 393, 394. 395, — Myoblasten 371, — Nervenendigungen an Drüsenzellen 400, — Remak'sche Fasern 392, — Spinalganglienzellen 217, 384, — Subcutanes Bindegewebe 343, — Tubuli contorti 305.
Cantharis rustica, Muskelfasern 367.
Capitellidae, Seitenorgane 236.
Carabidae, Muskelkerne 369.
Carbamid, siehe Harnstoff.
Carbolsäure, als Einschlussmedium mit Glycerin 137, — als Fixierungsmittel 139.
Carbonate, Reaktion 173.
Carchesium polypinum, Kern 248.
Carinaria mediterranea, Chromomeren 288.
Carmarina, quergestreifte Muskelfasern 373.
Carmin als Färbemittel 81, 180, **184**, **189**, 190, 193, 194, 195, 197, 251, 312, 384. — nach Grenacher 184, — nach Orth 185, — nach Rollett 184, — nach Schneider 184, — Schweigger-Seidel 184, — nach Thiersch 185, — nach Woodward 185, — bei Injektionen 13, 17, — mit Indigo 196, — mit oxalsaurer Ammoniaklösung 190, — saurer 384; siehe auch Beale'scher Carmin, Boraxcarmin etc.
Carminammonium zu Injektionen 13.
Carminsaures Ammoniak nach Hartig 189, — als Nervenfärbemittel 193.
Carotin 315.
Carrière, Cochenillefärbung 190.
Caseïn, Reaktion 155.
Cauderau, Macerationsverfahren 109.
Cavia cobaya, Hämoglobinkrystalle 168.
Cavolinia, Nährstoff des Eies 312.
Caryophyllia smithii, Nesselkapseln 325.
Cedernholzöl, als Immersionsflüssigkeit 34.
Celloidineinbettung 193, 204, 409.
Cellulose, Reaktionen 150, 160.
Celluloseartige Substanzen, Zellmembran 329.
Celluloseschleime, Reaktion 172.
Centralkapsel, Radiolaria 323.
Centralkörperchen 259; siehe auch Astrocentren.
Centralnervensystem, Färbemethoden 180, 192, 193, — Fixierungsmethoden 98, 101, — Ganglienzellen 383, 384, 387, — Grundsubstanz 320, — Härtungsmethoden 105, 106, 107, — Imprägnierung 176, 179, — Netzzellgewebe 319.
Centrierung der Systeme 54.
Centrokinese 257.
Centrosoma 256, 264, 269, **282**, 294; siehe auch Astrocentren.
Cephalopoda, Chromatophoren 316, — Cuticularbildungen 333, — Flimmerorgane 229, — Knorpel 222, 337, 339, — Muskelfasern 360, 362, 379, 381, — Nervenfasern 397, — Nervenendigungen 401, — Sinnesorgane 237, 315.
Ceratium tripos, Kern 248.
Ceratospongia, Bindegewebe 338.
Cerebellum (*Homo*), Ganglienzellen 386.
Cerebrin, Löslichkeit 162, — Reaktionen 157.
Cerianthus membranaceus, Epithelmuskelzellen 358.
Certes, Färbemethode für lebende Infusorien 198.
Cestodes, Cuticularbildungen 333, — Kalkconcremente 340.
Cetonia aurata, Muskelfasern 367.
Chaetoderma, Stacheln 333.
Chaetognatha, Cuticularbildungen 333, — Eitcilung 292, 294, — Ganglienzellen 383, — Muskelfasern 359, 374, 379, — Nervenendigungen 400, — Zellteilung 288.
Chaetopoda, Kapselgewebe 338.

Chara, Zellteilung 299.
Characinae, Schuppen 348.
Charcot'sche Krystalle 157, 162, **169**.
Chemischer Focus, siehe Focus.
Chemischer Sinn 235, 236.
Chilodon cucullus, Kern 248, 249, — Kernteilung 298, — Trichter 332.
Chilomonas, Amylum 314, — Trichocysten 324.
Chinese-Vermillion, zu Injektionen 12.
Chinoidin 171.
Chinolinblau **191**, 198.
Chironomus, Speicheldrüsenzellen; Teilung 239, 240, 241, 250, 251, 299.
Chitin, Nerverfasern 398, — Reaktionen 153, 154, 157, 165, — Zellmembran 329.
Chitin ausscheidende Zellfortsätze 238.
Chitinhaare der Sinnesendorgane 237.
Chitinpanzer, Arthropoda; Hohlräume 236, 329.
Chlamydodon, Kern 249.
Chlor, als Lösungsmittel für Pigmente 316.
Chloralhydrat zur Verhinderung von Spaltpilzbildung 189.
Chlorallösung zum Auflockern von Geweben 109.
Chlorammonium, als Reagens 159.
Chlorcalcium, Zusatz zu Hämatoxylin 183.
Chlorgold, siehe Goldimprägnation.
Chlorkalium, als Reagens 155, — als Untersuchungsflüssigkeit 380,
Chlorkaliumverbindungen, zum Entfärben nach Osmiumsäure 174.
Chlornatrium, zu Injektionsmassen 16, — als Untersuchungsflüssigkeit 135, — als Reagens 159; siehe auch Silberimprägnation. Siehe auch Kochsalzlösung.
Chlorocruorin, Absorptionsspektrum 170.
Chloroform, zum Abtöten 9, — als Lösungsmittel für Harze 139, 141, — bei Paraffineinbettung 119, 120, — Behandlung von Paraffinschnitten 123, 133, 134, — als Reagens 161, 162.
Chlorophyll, Absorptionsspektrum 169, — Flagellata 314, — Fluorescenz 171, — Löslichkeit 161.
Chlorophyllan 161, 171.
Chlorpalladium, als Nervenfärbemittel 193.
Chlorrhoidinsäure, Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 150, 151, 156, 165.
Chlorsilber, bei Injektionsmassen 16.
Chlorwasser, als Reagens 151.
Chlorwasserstoffsäure, als Zusatz bei Fixierungsmitteln 180.
Chlorwasserstoffsaurer Alkohol als Färbemittel 243.
Chlorzink, als Reagens 159.
Chlorzinkjod, als Reagens 150.
Choanoflagellata, Kern 247, — Membranelle 232, 234.
Cholalsäure, Aggregatzustände 166, — Circumpolarisation 171, — Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 157.
Cholestearin, Krystalle 168, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 153, 156. — Schmelzpunkt 165.
Cholsäure, Reaktion 153.
Chondrin, Circumpolarisation 171, — Intercellularsubstanz 337, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 154, 157, 160, 165.
Chondrosia, Bindegewebe 337.
Chondrosin 338.
Chorda dorsalis, Kapselgewebe 338, — Zellgestalt 224.
Chromalaun, als Zusatzflüssigkeit beim Präparieren 8.
Chromatin 239, 240, 243, 245, 246, 253, 256, 292, 293, — Chemische Eigenschaften 242, — Darstellung 243, — Karyomeren 242, 267, 287, 289, — Lichtbrechung 241, — Nucleolen 241, — Vorkommen 241.
Chromatinbewegungen 293.
Chromatische Aberration 29.
Chromatische Figuren 259.
Chromatische Hülle, Kern 245.
Chromatische Nucleolen 245.
Chromatophoren, Cephalopoda 346.
Chromessigsäure, als Fixierungsmittel 99, — zum Macerieren 109.
Chromgelatine, Aufbewahrung von Sektionspräparaten 11.
Chromgelb, zu Injektionen 17.
Chromomeren 259, 265, 273, 286, **287**, 295, 298, — Anordnung 270, 289, — Entstehung 288, — Färbbarkeit 289, — Gestalt 287, — Kernplatte 290, — Zahl 288.
Chromomerenspaltung **267**, 271, 275, 277, 278, 279, 286, 287, 288, 294.
Chromomerenverdickungen 271.
Chromosmiumessigsäure, als Fixierungsmittel **99**, 219, 234, 367, — zum Macerieren 109, — Nachweis des Kerngerüsts 240.
Chromosomatische Kinese 278.
Chromosomen, Samenbildungszellen 278.
Chromotypie 75.
Chrompikrinsäure, als Fixierungsmittel **100**, 102.
Chromsäure, zum Abtöten 9, — zum Entkalken 111, — als Färbemittel 198, — als Fixierungsmittel 9, **97**, 101, 186, 204, 220, 282, 409, — zum Härten 111, — als Zusatzflüssigkeit beim Präparieren 8; siehe auch Merkel'sche und Seiler'sche Lösungen.

Chromsäurelösung, als Einschlussmedium 135.
Chromsäurepräparate, Auslaugen vor dem Färben 182, — Färbung 183.
Chromsalpetersäure, als Fixierungsmittel 99.
Chromsaures Kali, siehe Kalium.
Chrom-Yellow, zu Injektionen 12..
Chronszczewsky, Injektionsmethode 20.
Chrysochloris, Eimer'sche Nervenendigungen 406.
Ciaccio, Goldimprägnation 177.
Cicindela campestris, Muskelfasern 367.
Cicindelidae, Muskelkerne 369.
Ciliata, siehe Infusoria.
Cilien 231, 233, 238; siehe auch Flimmerorgane.
Cimbex, Darmepithel 330.
Cincinnurus regius, Pigment der Federn 315.
Circumpolarisationserscheinungen 170.
Citronensäure, als Reagens 173; siehe auch Silberimprägnation.
Citronensaft, siehe Goldimprägnation.
Clarke'sche Säulen 322.
Clavelina, Follikelzellenbildung 301.
Climacostomum virens, Hauptkern 248.
Clubiona, Teilung der Samenbildungszellen 278.
Clupeidae, Schuppen 348.
Cnidocile **234**, 327.
Cobitis fossilis, quergestreifte Muskelfasern 374, 379.
Cocaïn (salzsaures), Untersuchung von Wimpern 234.
Cochenilletinktur 190, siehe auch Alaun-cochenille.
Cochlea, Härchenzellen 237.
Codonella, Membranellen 234.
Codosiga, Gestalt 221.
Coelenterata 9, 88, 223, 224, 231, 234, 249, 340, 325, 328, 332, 333, 335, 336, 337, 338, 347, 358, 359, 373, 379, 382, 390, 391.
Coelodendrum, Skelet 332.
Coelomyarier 359.
Cohnheim, Goldimprägnation 175..
Cohnheim'sche Felder 369, **381**.
Coleoptera, Muskelfasern 363, 369, — Scheibenzerfall der Muskelfasern 367.
Collagen **337**, 345, 346, 352, — Färbung 181.
Collektivlinsen, siehe Linsen.
Collin, Hahnenkanüle 20, — Kanülenträger 25, — Pincette 5, 6, — Präparierscheere 6.
Collodio-Chloridpapier 79.
Collodium, als Einbettungsmasse 118, — Herstellung 119, — mit Nelkenöl, Aufkleben von Schnitten 134.
Colloide, Definition 166, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 155, 157.
Collozoa 217.
Coloniebildung 215.
Colophonium, für Einbettungen 123, — als Einschlussmittel 138, 140.
Colpidium, Kernteilung 298.
Colpoda, Hauptkern 248.
Columba, Injektion 21, — markhaltige Nervenfasern 394, — Tastzellenkörperchen 407.
Compressorien 88, 111, **146**.
Comté, Bleistifte 72.
Concentrator, Beleuchtungsapparate 42.
Conchiolin, Reaktionen 154, — Zellmembran 329.
Condensator, Mikroskop 39, 42.
Condylostoma, Myoneme 357, — Undulierende Membran 232.
Condylura, Eimer'sche Nervenendigungen 406.
Conservierungsmittel, siehe Härtungsmittel.
Conserving Liquor von Goadby 103.
Contractile Spezialisierungen der Zelle, Protozoa 357, — Myoblasten 357, — Glatte Muskulatur 360, — Quergestreifte Muskulatur 362, — Verteilung der Muskelgewebsarten 379, — Lebenslauf der Muskelfasern 379, — Technisches 380, — Historisches 381.
Contractile Vakuolen 306.
Contractionen der Kernradien 286, 291, — der Muskelfasern 365, 377, 379, — der Nematocystenfasern 327.
Cook, Hämatoxylin 182.
Copaivabalsam, als Einschlussmedium 138.
Copepoda, Fetttropfen der Eier 312, — Riechzapfen 333.
Corallin, als Reagens 172.
Corallistes nolitangere, Spicula 334.
Cordylophora lacustris, Nesselkapseln 234, — Stützzellen der Tentakel 223, 338.
Coregonus, markhaltige Nervenfasern 394.
Coriosulfurin, Absorptionsspektrum 170.
Cormus 215.
Cornea, Bindegewebe 343, — Gestalt der Zellen 222, 227, — Imprägnationsmethoden 175, 176, 177, 179, — Nervenhüllen 396.
Corneïn, Reaktionen 154.
Corona, Samenbildungszellen 279.
Corpora amylacea, Jodreaktion 150.
Corpuscule central, Echinodermenei 264.
Corpus vitreum, Gallertgewebe 345.
Correktionsfassung der Objektivlinsen 35.
Corrosionspräparate 17, — Macerieren 110.
Corticium candelabrum, Spicula 334.
Crangon, Hodenzellen; Kernradien 285.
Cricetus, Hämoglobinkrystalle 168.
Crista acustica, Vertebrata 237.
Crustacea, Darmepithelzellen 330, —

Drüsenzellen 241, 305, 310, — Eier 312, — Ganglienzellen 399, — Hodenzellen 285, — Hohlzapfenbildungen 333, — Muskelfasern 378, — Nervenfasern 397, — Pigmentzellen des Auges 315, — Samenbildungszellen 278, — Sinneshaare 333.
Crustaceenpräparate, Einschlussmasse 138.
Cryptomonas, Amylum 314, — Trichocysten 324.
Ctenophora, Gallertmasse 347, — Lassozellen 328, — Muskelfasern 359, — nervöse Elemente 382, — Otolithenblase 333, — Retina 316, — Schwingplättchen 332.
Cultur von Mikroben 205, 207.
Culturgefäße 206.
Cuprammoniumoxyd, als Reagens 160.
Curculionidae, Muskelkerne 369.
Curschmann, Reaktion auf Amyloidsubstanzen 192.
Cuticularbildungen, Membranen 243, 244, 329, — Molluskenschale 307, — Wimperepithelzellen 233.
Cuticulare Fortsatzbildungen der Zellen 331.
Cutis, elastisches Bindegewebe 345, — faseriges Bindegewebe 343, — Pigment 345, 353, — schillernde Häute 345.
Cyanin 191.
Cyankalium, als Lösungsmittel für Chromatin 242, 245; siehe auch Goldimprägnation.
Cyankaliumverbindungen, als Entfärbungsmittel bei Osmiumsäure 174.
Cyanwasserstoff, zum Abtöten 9.
Cybulsky, Goldimprägnation 175, 178.
Cyclas, Wimperepithelzellen 234.
Cyclogramma, Trichocysten 324.
Cylinderblendung 42.
Cylindermikrotome 124.
Cylindrostoma, Rhabditen 317.
Cymbulia, Muskelfasern 362.
Cyrtidea, Centralkapselmembran 324.
Cystin, Circumpolarisation 171, — Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 153, 154, 155, 157.
Cystoflagellata, Tentakel 233.
Cytochyl 218.
Cytohyaloplasma 218.
Cytoplasmatische Kernhülle 246.
Czokor, Alauncochenille 184.

Dahliaviolett 186, **187**, 198.
Damarharz, als Einschlussmedium 138, **140**, — zum Kitten der Glaszellen 146.
Danilewsky, Myosinauflösung 162, — Myosinreaktion 159, — Nucleindarstellung 188, — Scherer'sche Reaktion 154, — Tropäolinfarben 173.
Darmdrüsen, Glykogen 314.
Darmepithelzellen 224, 233, 234, 314.
Darmganglien 383.
Darmhüllen, Gerüstgewebe 322.
Darmschleimhaut, Diastasegewinnung 163.
Dauerpseudopodien 226.
Davidoff u. Ruge, Albumineinbettung 17.
Davis, G. E., Tabelle für Objektivlinsen 75.
Decapoda, Lutein 170.
Deckgläschen **34**, 131, 132, 141, 144, 146.
Deckgläschenpräparate 198, 203.
Deckzellen, Geschmacksendorgane 236.
Definitionsvermögen der Mikroskope 38.
Deiopeia, quergestreifte Muskelfasern 373.
Deiters'sche Ganglienzellen 385, 387.
Dendrocometes, Fangarme 228, — Körpergestalt 222.
Dendrosoma, Hauptkern 248.
Dentalium, Kapselgewebe 338, — Muskelfasern 360, — Neurogliazellen 322, — Radulasack 333, — Schleimzellen 308, 309, — Unipolare Ganglienzellen 387, — Wimperepithelzellen 234.
Dentin, Bildung 349.
Dentinzellen, Gestalt 222, — Innervierung 404.
Dermestes lardarius, Muskelfasern 367.
Dermogene elektrische Organe 401.
Desmacella papillata, Spicula 334.
Desmacidonidae, Skelet 334.
Deutolecith 313.
Dextrin, Circumpolarisation 170, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 150, 153, 159, 163, 164.
Diakrine Drüsenzellen 304.
Dialyse, Pepsingewinnung 164.
Dialysierungsverfahren 166.
Diaphragma 30.
Diastatische Fermente 163.
Diatomeenschalen als Testobjekte 43, 47, **56**, 57, 58.
Diatomeenplatten 58.
Dicentrische Anordnung der Asterradien 269.
Didinium, Hauptkern 248.
Dierese, siehe Indirekte Zellteilung.
Diffraktionserscheinungen 44.
Diffuse Färbung 180.
Dileptus anser 248.
Dinatrium-Phosphat, Bereitung von Nährmedien 205.
Dinobryon, Gallerthülle 336.
Dinoflagellata, Panzer 331.
Diphenylamin, als Reagens 173.
Diphyes, quergestreifte Muskelfasern 373.
Dipnoi, Gewebskerne 253.
Duppel, Beleuchtungsapparat 62.
Diptera, Muskelfasern 369, 378, — Muskelkerne 369.

Direkte Kernteilung 293, **298**, 299.
Direkte Zellteilung **256**, 380.
Discidae, Geißel 225, — Gestalt 221.
Disdiaklasten, quergestreifte Muskelfaser 372.
Disks, nach Bowman 381.
Dochmius, Mundkapsel 333.
Doliolum, Follikelzellenbildung 301, — Mantel 348, — quergestreifte Muskelfasern 376, — Tastorgane 333.
Doppelfärbungen 192, 194. — Bakterienpräparate 205.
Doppelimprägnationen **179**, 409.
Doppelkrone, siehe Bicorona.
Doppelplatte, Kinese 259.
Doppelschrägstreifung der glatten Muskelfasern 361.
Doppelsternfigur, Kinese 258.
Doppeltcontourierte Randschicht (Kern, Zelle) 212.
Doppeltcontourierte Zellmembran 328.
Dornenkrone, siehe Sertum.
Dotter, Aves 312, — Insecta 188.
Dotterkern 312.
Dotterkügelchen 312.
Doyère, Camera lucida 70.
Doyère'sche Hügel 403.
Drehscheibe für Blenden 42.
Drehtisch für runde Präparate 145.
Dreifachfärbungen 194.
Drittelalkohol, siehe Alkohol.
Druckapparate für Injektionsspritzen 22.
Drüsenepithelzellen, Funktion 303.
Drüsengänge, Injektionen 21.
Drüsenzellen. Definition 303, — Diakrine Zellen 304, — Ptyokrine Zellen 306, — Merokrine Zellen 307, — Schleimzellen 307, — Leberzellen 308, — Drüsenzellen mit festem Sekret 309, — Fettbildende Drüsenzellen 310, — Innervierung 400.
Drüsenzellen, Kerne 250.
Dünnschliffe 112, 124.
Dumb-bells, siehe Harnsäurekrystalle.
Dunkelfeldbeleuchtung, siehe Beleuchtung.
Durchschnittsbild, mikroskopisches 47.
Duval, Collodiumeinbettung 118.
Dyaster 276, 291.
Dyticidae, Muskelkerne 369.
Dyticus marginalis, Muskelfasern 366, 367, 369. — Muskelfibrillen 378.

Eau de Javelle, zum Macerieren 110, — zum Entfärben nach Osmiumsäure 174.
Eberth, Injektionsmethode 21.
Echinodermata 9, 88, 223, 239, 242, 261, 278, 282, 284, 288, 292, 296, 310, 315, 316, 329, 337, 338, 347, 358, 359, 373, 379, 383, 391.
Echinodermencier, als Untersuchungsobjekte 261.
Echinoidea, Eiteilung 239, 242, **261**, 278, 282, 283, 284, 292, 296, — Eigestalt 222, — Körpergallerte (Larven) 347, — Muskelfasern 373, — Skelet 338, 347, — Zellteilung 288, 292.
Echinorhynchus, quergestreifte Muskelfasern 373.
Echinus, Ei, Chromomeren 288, — Tochterkronen 292.
Ecker, Härten menschlicher Gehirne 107.
Ectoderm 214.
Ectodermzellen, Ernährung 313.
Ectosark, Amoebaea 328.
Ehrenberg, Deckgläschenpräparate 203.
Ehrlich, Entfärbungsmethoden **187**, 204. — Essigsaure Anilinfarben 187, — Hämatoxylin 183, — Kernfärbung 181, Methylenblau 186.
Ehrlich'sche Mastzellen 188.
Eichwald, Mucinanalyse 154.
Eier, Schnittmethode 114, — als Nährmedium 208.
Eihüllen als Zellbestandteil 213.
Eimer'sche Nervenendigungen 406.
Einbettungsmethoden: Gummieinbettungen 115, — Glycerineinbettung 116, — Albumineinbettungen 116, — Seifeneinbettungen 117, — Collodiumeinbettungen 118, — Paraffineinbettung 119, — Wärmkasten 121, — Vacuumeinbettung 121, — Gemischte Einbettungen 123, — Colophoniumeinbettung 123.
Einfachchromsaures Ammonium, siehe Ammonium.
Einfachchromsaures Kalium, siehe Kalium.
Einfachcontourierte Randschicht (Kern, Zelle) 212.
Einkitten mikroskopischer Präparate 142, — runder Deckgläschen 144.
Einschläfern von Eiern 297, — von Tieren 88.
Einschlussmedien. Wasser 135, — Sublimat 135, — Chromsäure 135. — Chromsaures Kali 135, — Arsenige Säure 135, — Chlornatrium 135, — Essigsaures Kali 135, — Alkohol 135, 136, — Glycerin 136, — Glycerinleim 137, — Gummi-Glycerin 138, — Canadabalsam 139, — Damarharz 140, — Colophonium 140, — Monobrom-Naphtalin 141, — Phosphor 141, — nach Anilinfärbung 186.
Einschmelzen von Objekten, zum Präparieren 8, — zum Schneiden 120.
Einschnürung der Zelle, indirekte Teilung 295.
Eintrocknen zu schneidender Objekte 113.
Eisen, Zusatz zu molybdänsaurem Ammonium 180.
Eisenchlorid, Herstellung von Injektions-

massen 14, 17, — Nachweis von Plastin 210.
Eisenoxyd, mit oxalsaurem Kalk als Entwickler 77, — schwefelsaures als Reagens 160.
Eisenoxydsalze, Reaktion 160.
Eisenoxydul, Herstellung von Injektionsmassen 15, 16.
Eisenperchlorid, zum Abtöten 9, — zum Ätzen von Kupferplatten 84, — als Fixierungsmittel **102**, 249, 234, — als Härtungsmittel 111, — Nachweis des Kerngerüstes 240, — Nachweis der Plasmastrukturen 217, — als Reagens, siehe Pirıa'sche Reaktion.
Eisensalze, als Reagens 160.
Eisensauerstoffverbindungen, Reaktion 160.
Eisessig, bei Färbungen 184, 192, — als Fixierungsmittel 96; siehe auch Acidum aceticum.
Eiteilung, *Anodonta* 281, — *Ascaris* **269**, 285, 290, 292, — Asteridae 261, — Echidinae 239, 242, **261**, 283, 284, 285, 292, 296, — *Limax* 280, 281, — *Pterotrachea* 280, — *Sagitta* 292, 294.
Eiterkörperchen (Vertebrata), Kerne 254.
Eiterzellen, Gestalt 221.
Eiweiß, Aufkleben von Schnitten 134, — Einschlussflüssigkeit 381, — Färbbarkeit 188, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 151, 153, 155, 157, — Umwandlung durch Pepsin 165. Siehe auch Albumin.
Eiweißstoffe, Circumpolarisation 171, — Gerinnen 109, — Löslichkeit 162, — in Primitivfasern 392, — Reaktionen 97, 98, 150, 152, 153, 154, 156, 159, 164, 210, — in Zellmembranen 329; siehe auch Albumin.
Eizellen, Gestalt 221, — Habitus 253, — Fortsatzbildungen 224, — Kern 238 (siehe auch Eiteilung), — Nährstoffe 342, — Pseudopodien 225.
Elaïn, Reaktion 153.
Elastin, Circumpolarisation 171, — Färbbarkeit 181, — Intercellularsubstanz 337, — Löslichkeit 346, — Netzknorpel 341, — Reaktionen 152, 153, 155, 157, — Verdauung durch Pepsin 165.
Elastische Fasern, Färbbarkeit 191.
Elastisches Bindegewebe 345.
Elater nigrinus, Muskelfasern 367.
Elective Farbstoffe 180.
Eleïdin, siehe Keratohyalin.
Elektrische Organe, dermogene 401, — myogene 404.
Elektrische Platten, *Torpedo* 405.
Elektrische Säule, *Torpedo* 405.
Elektrisiervorrichtungen 93.
Elinsäure, Krystalle 167, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 157, — Verhalten bei Hitze 165.
Embryonale Zellen, Gestalt 221, — Nährstoffe 343.
Embryonen, Fixieren 98, 99, — Härten 106, — contractile Zellen 357.
Emeral-Green, zu Injektionen 12.
Emulsionsplatten, siehe Platten.
Enchylema 245.
Endkolben 407, **408**.
Endocardium, Vertebrata 372.
Endocelluläre Ablagerungen. Fett 311, — Nährstoffe der Eizellen 342, — Proteïnkörner, Aleuron, Krystalloïde 313, — Nährstoffe der Embryonalzellen 343, — Amylum, Paramylum, Amyloïdstoffe 343, — Glykogen 314, — Glänzende Plättchen der Membranen 315, — Pigment 315, — lichtbrechende Körperchen der Retina 316, — innere Skeletbildungen 316.
Endoneurium **396**, 407, 408.
Endoplasma, Definition 220, — Fortsatzbildungen 224.
Endostylzellen, *Salpa* 307.
Endothelzellen des Bauchmarks (*Salamandra*), Zellteilung 260.
Engelmann, Th. W., Biologische Analyse 172, — Camera obscura 41, — Diffractionslinsen 44, — Fixierungsmittel 98, — Mikrospektralobjektiv 63, — Untersuchungsflüssigkeit für Muskelfasern 380.
Englischer Binoculartubus 59.
Enteropneusta, Larven 347.
Entfärbungsmethoden 187, — von Bakterienpräparaten 204, — nach Imprägnation 177, 178.
Entkalken 111.
Entkieseln 112.
Entodermzellen, Ernährung 343, — Wimpern 231.
Entsäuern, nach dem Fixieren 101.
Entwickeln und Fixieren der Negativbilder 77.
Enzyme 162.
Eolis, Nesselkapseln 325.
Eosin 191, — mit Hämatoxylin 195, 197, — mit Methylgrün 196, — mit Ribesin 196, — zum Nachfärben 197, — Färben von Elastin 346; siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Eosinhaltiger Alkohol zum Nachfärben 196.
Eosinhaltiges Nelkenöl zum Aufhellen 196.
Eosinsäure 191.
Eosinsaures Kali 191.
Epeira, Retinazellen 316.
Ephestia kühniella, Epithelzellen 330.
Epiblast 214.
Epidermiszellen, Faserige Differenzierun-

gen 226, 319, — Gestalt 221, — Kern 254, — Kernsaft 239, — Nervenendigungen 400.
Epiglottis, Mammalia 341.
Epiphysenknorpel, Fixieren 99.
Epistylis, Myoneme 357.
Epithelien, Färbung 180, — Schleimzellen 307.
Epithelzellen, Contractilität 356, — Gestalt 221, 223, — Kern 239, 253, — Nervenendigungen 400, — Wimpern 231.
Equus, Eimer'sche Nervenendigungen 406, — Spinalganglienzellen 390.
Erhitzen zum Fixieren (Bakterien) 203, 366, — als Reagens 165, — zum Sterilisieren 206.
Erlicki'sche Flüssigkeit, als Härtungsmittel **106**, 192, 193.
Errera 186.
Ervilia, Kern, 249.
Esox, markhaltige Nervenfasern 394, 395.
Esperia contarenii, Spicula 334, — *massa*, Spicula 334.
Essigsäure, Aufhellen von Bakterienpräparaten 203, — Aufquellen von faserigem Bindegewebe 344, — Austreiben von Nesselkapselfäden 325, — zum Entfärben 188, 204, — Zusatz zu Färbemitteln 184, 185, 189, 195, — als Fixierungsmittel **96**, 238, — als Härtungsmittel, siehe Kupfersulfat, — Nachweis von Chromatin 243, — als Reagens 155, — Zusatz zu Einschlussmedien 194; siehe auch die Imprägnationen.
Essigsaure Anilinfarbstofflösungen 187.
Essigsaures Blei, siehe Blei, — Bleioxyd, siehe Bleioxyd, — Carmin 184, — Kali für Bakterienpräparate 205.
Etikettieren von Präparaten 147.
Eucalyptusöl, als Lösungsmittel für Harze 139.
Eudictyon elegans, Spicula 334.
Euglena viridis, Kern 248, — Teilung 255.
Euglenoidina, Einschlüsse 314.
Euglypha, Teilung 298.
Euplotinae, Hauptkern 248.
Evertebrata, Blutspektrum 170.
Excrete der Zelle 218.
Excretin, Löslichkeit 162, — Reaktionen 151, 157, — Schmelzpunkt 165.
Exoplasma, Fortsatzbildungen 224.
Explorativinjektionen 18.

Fadenstruktur des Kerns **240**, 251, — des Protoplasmas 216.
Fadensubstanz, innere Kernwandung 243.
Färbemittel und -methoden 180, — Elective und diffus färbende Mittel 180, — Concentrationszustand 184, — Einteilung 181, — Kernfärbemittel 181, — Hämatoxylin 181, — Ribesin 183, — Carmin 184, — Bismarckbraun 185, — Vesuvin 185, — Nigrosin 186, — Methylenblau 186, — Hermann'sches Kernfärbeverfahren 186, — Entfärbungsmethoden von Ehrlich und Gram 187, — Essigsaure Anilinfarbstoffe 187, — Wesen der Kernfärbung 188, — Färbemittel für Plasma und Intercellularsubstanz 189, — Carminsaures Ammoniak 189, — lilafarbiger Boraxcarmin 190, — Cochenille 190, — Chinolinblau 191, — Eosin 191, — Purpurin 191, — Orseille 192, — Jodgrün 192, — Färbung der Nervenfasern 192, — Weigert'sche Säurefuchsin-Methode 192, — Weigert'sche Hämatoxylinfärbung 193, — Henle'sche und Merkel'sche Methode 193, — Indigocarmin, Nigrosin 193, — Doppel- und Dreifachfärbungen 194, Picrocarminsaurer Ammoniak 194, — Eosin-Hämoxylinlösungen 195, — Eosin und Ribosin 196, — Carmin und Indigo 196, — Eosin und Methylengrün 196, — successive Mehrfachfärbungen 197, — Färbungen intra vitam 198, — Chemische Bedeutung der Färbungen 198, — Methoden der Bakterienfärbung 204.
Färben dünner Gewebe zum Photographieren 81.
Färbung des Chromatins 242.
Färbungen intra vitam 198.
Fangfäden, *Acineta* 228.
Farabeuf, Injektionsspritze 22.
Farbe, als Unterscheidungsmerkmal der Substanzen 169.
Farbenbild 47.
Farbenreaktion des Zellkerns 189.
Farbige Reagentien 172.
Farbstoffe 180.
Farrant'sches Medium 115, 116.
Faseriges Bindegewebe 342.
Faserknorpel 340.
Fehling'sche Lösung 158.
Felis domestica, Hämoglobinkrystalle 168, — Ohrknorpel 341, — Pacini'sche Körperchen 408.
Fermente, als Reagentien 162.
Ferricyankalium, zum Entfärben nach Osmiumsäure 176.
Ferridcyankalium, Nachbehandlung bei Weigert's Hämatoxylinfärbung 193.
Ferrocyankalium, zum Entfärben 176, — als Reagens 160.
Fett, Dotter 313, — Färbbarkeit 184, 191, 192, — als Injektionsmasse 12, — Nachweis 165, — Reaktionen 172, — Verhalten bei Hitze 165.

Fettbildende Drüsenzellen 310.
Fettbildung 311, 345.
Fettdrüsen 310.
Fettgewebe, Färbung 180.
Fettkörper, Definition 312, — Färbbarkeit 173, — Löslichkeit 162. — Umwandlung durch Trypsin 164.
Fettsäuren, isolierte, Färbung 173.
Fettsubstanzen, Färbung intra vitam 198, — Fixierung 95.
Fetttropfen, Knorpel 342, — Leberzellen 309.
Feuchte Kammern 90.
Fibrilläres Bindegewebe 342, 353.
Fibrillen der Ganglienzellen **384**, 389, — der glatten Muskelfasern 361, — der quergestreiften Muskelfasern 362, 365, 366, **368**, 370, 375, 376, 378, 405, — der Nervenfasern 237, 392, 409.
Fibrin, Löslichkeit 162, — Reaktionen 152, 154, 156.
Fibroïn, Reaktionen 154, 157, 160.
Filaroïdes mustelarum, Chromomeren 288.
Filarsubstanz, Kerne der Leberzellen 309.
Firniss, für Trockenplatten 78, — zum Umranden von mikroskopischen Präparaten 143.
Firnisszellen 145.
Fischeier, Fixieren 99, — Härten 106.
Fischer, Goldimprägnation 176, — Eosin 191.
Fixierung der Gewebe. Frische und fixierte Gewebe 94, — Grundbedingungen des Fixierens 95, — Säuren 95, — Mischungen verschiedener Säuren 99, — Allgemeine Regeln 101, — Salze 102, — Mischungen von Salzen mit Säuren 103, — Jod 103, — Alkohol 104, — Litteratur 107, — Einwirkung auf nachfolgende Färbung 188.
Fixierung von Bakterien 203, — der Negativbilder, siehe Entwickeln, — zu secierender Objekte 7.
Fixierung von Teilungsstadien 239, 289.
Flagellata. Einschlüsse 314, — Gallerthülle 336, — Geißel 227, 231, 357, — Kern 247, 255, — Kragen 232, — Teilung 297, — Trichocysten 324.
Flaschen für Canadabalsam 139, — für Glycerin 136.
Flechsig, Goldimprägnation 177.
Fleischextrakt, siehe Liebig.
Fleischmilchsäure, Reaktion 156.
Flemming, Abtöten von Tieren 9, — Färbungsmethode 186, — Fixierungsmittel 99, 100, — Injektionsmethoden 20, — Seifeneinbettung 117.
Flesch, M., Apparat für Temperaturwechsel 93, — Einschlussmedium 141, — Farbstoff 192, — Fixierungsmittel 99.
Flimmerbesatz von Zellmembranen 329.
Flimmerbewegung 228, 234, 237.
Flimmercilien, Fixierung 151.
Flimmerepithel 231.
Flimmerorgane. Definition 228, — Wimpern, W.-borsten, W.-haken 229, — Geißeln 229, — Membranellen 229, 231, — Entstehung, Struktur und Verbreitung der Flimmerorgane 233, — Struktur der Flimmerzellen 233.
Flimmerplättchen 229.
Flimmerzüngelchen 231.
Flögel, Aufkleben von Schnitten 133. — Camera obscura 41.
Florideenrot, siehe Phycoerythrin.
Flossenstrahlen, osteoïde Substanz 348.
Fluorescenz organischer Körper 171.
Fluorescierendes Ocular 62.
Fluorwasserstoff, siehe Flusssäure.
Flusssäure, zum Entkieseln 112, — zum Reinigen der Objektträger 132.
Focus, Definition 28, — bei photographischen Objektiven 76, siehe auch Linsen.
Fol, Aufkleben von Schnitten 134, — Auswässerungsapparat für Trockenplatten 78, — Compressionsapparate 88, 89, 147, — Einschläfern von Tieren 88, — Färbemethoden 182, 195, 196, — Fixierungsmethode 102, — Injektionstisch 25, — Lupenstativ 10, — Schraube zum Cylindermikroskop 125, — Stereoskopische Aufnahmen 80.
Follikelzellen, Tunicatenei 300.
Foraminifera, Exoplasma 220, — Gestalt 222, — Pseudopodien 225, — Skelet 332.
Forficula, Teilung der Hodenzellen 279.
Formative Substanzen, Protoplasma 211.
Forster, Zange zur Verwendung von Rasiermessern am Mikrotom 129.
Fortsatzbildungen der Zelle. Hervortreibungen 224, — Pseudopodien 224, — Saugfüßchen 227, — Flimmerorgane 228, — Cnidocile 234, — Sinnesorgane 235, — Übersicht 238.
Fragillaria capucina, als Testobjekt 57.
Fraktionierte Kulturen 207.
Francotte, Chloralhydrat als Antisepticum 189.
Fredericq, zinkographisches Verfahren 84.
Fredericq-Semper, Sektionspräparate 11.
Frenzel, Aufkleben von Schnitten 134.
Frey, Injektionsflüssigkeit 17.
Friedländer, Entfärbungsmethode 187.
Frisch, Goldimprägnation 177.
Frische Gewebe, Färbung 187, — Untersuchung 94.
Fritillaria furcata, Muskelkerne 252, 370.
Frommann, Färbemethode 187.
Froschbouillon, als Nährmedium 208.

Froschlarvenhalter 87.
Fuchsin 186, siehe auch Säurefuchsin.
Funke, lithographische Anstalt 83.
Furchung der Eizellen 255, — der Ganglienzellen 399.
Furchungskugeln, Gestalt 221.
Fusculina, Achsenskelet 337.
Fußstücke, Wimperepithelzellen 233.

Gage, Pikrocarmin 195.
Gaine lamelleuse, siehe Endoneurium.
Gallenfarbstoffe, Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 158, — Spectra 170.
Gallengänge, Injektion 21.
Gallertgewebe **344**, 405.
Gallus, Eidotter 312, — Keimhautfärbung 190, — Myoblasten 371.
Gallussäure als Färbemittel 180, 234.
Ganglien 383.
Ganglienzellen, Allgemeines 384, — Bipolare G. 387, — Färbemethoden 409, — Gestalt 223, — Hüllen 390, — Isoliermethode 110. — Kerne 254, — Multipolare G. 390, — G. der Nervenendnetze 405, — Unipolare G. 387, — G. der Wirbeltiere 398.
Ganglienzellenausläufer **386**, 398.
Ganoïdei, Knochenbildung 350, — Skelet und Schuppen 348.
Gaskammer, zur Beobachtung lebender Mikroorganismen 90.
Gaslampe zum Mikroskopieren 41.
Gastropacha, Nervenendigungen an Drüsenzellen 400.
Gastropoda, Abtöten 9, — Augen 237, — Embryonalzellen 313, — Ganglienzellen 384, 385, 387, 400, — Kauapparat 338, — Muskelfasern 359, 362, — Nervensystem 401, — Zellteilung 288.
Gastrotricha, Rückenstachel 333.
Gefäßanlagen, Färbung intra vitam 198.
Gefriermethoden 9, 113.
Gefriermikrotom **126**, 203.
Gehirn, Diastasegewinnung 163, — Härtungsmethoden 105, 107, — Schnitte 125.
Gehörbläschenwand (Mollusca), Sekret 309.
Gehörblasenflüssigkeit (Gastropoda) 237.
Gehörorgane, Endteile 237.
Gehörsteine, Mollusca 309.
Geißeln **229**, 231, 232, 238.
Gelatine, Aufkleben zu präparierender Objekte 8, — als Einschlussmedium 137, 138, — Herstellung von Glycerinleim 116, — Herstellung von Nährmedien 206, — zu Injektionen 13, — als Unterguss zum Aufstellen von Objekten 132.
Gemüse (gekochtes), Nährmedium 208.
Gentianaviolett 186, 192, 197, — Bakterienfärbung 204, — Färbung intra vitam 198.
Gephyrei, Cuticularbildungen 333, — Intercellularsubstanz 337.
Gerbsäure, als Reagens 156.
Gerlach, Goldimprägnation 177, — Successive Doppelfärbung 197.
Geruchszellen, Verbindung mit Nervenfasern 401.
Gerüstgewebe (Centralnervensystem) 321, — Lymphknoten 322, siehe auch Netzzellgewebe.
Geryonidae, Centrosoma 282, — Gallertmasse 347.
Gesammtkernkörperchen 254.
Geschlechtsdrüsen, Zellteilung 299. Siehe auch Hodenzellen.
Geschlechtsprodukte, Vereinigung durch Zellfortsätze 238.
Geschlechtszellen, Teilung (Arthropoda) 288, — (Nematodes) 288.
Geschlechtszellenkerne 253.
Geschmacksknospen 236.
Geschmackszellen 236, — Verbindung mit Nervenfasern 401.
Geschwulstzellen, Vierteilung 295.
Geteilte Kernplatte 291.
Gewebe, Einteilung 213, — Untersuchung 94, 139, 149.
Gewebsflüssigkeit, Gewinnung 203.
Gewebspräparate 139, 201.
Gibbes, Färbemethoden 192, 196, 197.
Gießbeckenknorpel, *Homo* 341.
Giesbrecht, Aufkleben von Schnitten 133, — Schnittstrecker 131, — Überführen von Objekten aus Alkohol in Chloroform 120.
Giftdrüsen, Arthropoda 307.
Gillot, Papier für Photozinkographie 84, — Zinkplatten 84.
Glasdiapositivbilder 79.
Glaskörperflüssigkeit zur Untersuchung von Muskelfasern 381.
Glaszellen 145, 146.
Glatte Muskelfasern, Gestalt 223, — Innervierung 401, — Isolieren 110, — Untersuchungsmethoden 110, 180, 380, — Vertebrata 360.
Globigerina, Skelet 332.
Globulin, Reaktionen 155, 157, 160.
Glühen als Reagens 165, — zum Sterilisieren von Instrumenten 207.
Glutamin, Reaktion 160.
Glutaminsäure, Circumpolarisation 171, — Krystalle 167, — Löslichkeit 161.
Glutin, Circumpolarisation 171, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 154, 157, 159, 160, — Umwandlung durch Trypsin 165.
Glycerin zum Abtöten 9, — als Conservierungsmittel 136, — bei Einbettun-

gen 115, 118, — bei Färbungen 183, 190, 191, 196, — als Einschlussmedium 116, 117, 135, **136**, 182, 183, 184, 185, 187, 191, 192, 194, 197, 205, 216, 234, 240, 284, 381, 409, — bei Herstellung von Eiweißlösung 117, — Löslichkeit 162, — als Lösungsmittel 163, 164, — bei Macerierungsmitteln 380, — als Reagens 163, 243, — bei Trypsingewinnung 163, — mit Gummi als Einschlussmedium 138.
Glycerinalkohol, zu Injektionen 17.
Glyceringelatine, siehe Glycerinleim.
Glycerinleim, zum Einbetten 116, — als Einschlussmedium 116, **137**, 138, 205.
Glycerinphosphorsäure 162, — Reaktionen 156, 160, 165.
Glycerinpräparate, Umrandung 134.
Glycerinseife, als Einbettungsmittel 117.
Glycin, Löslichkeit 161, — Reaktionen 154.
Glycocholsäure, Löslichkeit 161, — Reaktionen 153, 154, 155, 157.
Glycocoll, Löslichkeit 157, — Reaktionen 157, 165.
Glycocollsäure, Krystalle 157, 167.
Glycogen, Circumpolarisation 171, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 150. 153, — Umwandlung in Traubenzucker 163, — Vorkommen 219, 309.
Gnathosyllis, Muskelfasern 373.
Goadby, Conserving Liquor 103, — Sublimatlösung 135.
Götte, Modification der Remak'schen Flüssigkeit 106.
Goldbad, zum Tönen 79; siehe auch bei den Goldimprägnationen.
Gold-Cadmiumdoppelchlorid, siehe Goldimprägnationen.
Goldchlorid, Fixieren quergestreifter Muskeln 367, — Fixieren von Plasmastrukturen 217; siehe auch Goldimprägnationen.
Goldchloridkalium, siehe Goldimprägnationen.
Goldimprägnationen 175, — Entfärben 177, — Nachfärbemethoden 197.
Gold-Phosphorchlorid, siehe Goldimprägnationen.
Gold-Phosphorchlorür, siehe Goldimprägnationen.
Gold size zum Ankitten von Glaszellen 146, — zum Umranden von Präparaten 144.
Golgi, Fixierungsmethode 174, — Imprägnationsmethoden 177, 179.
Gorgonia, Scleriten 335.
Graham, Krystalloïde und Colloïde 166.
Gram, C., Entfärbungsmethode 187.
Grammatophora subtilissima, als Testobjekt 57.
Graue Substanz 384.
Gregarinidae, Einschlüsse 314, — Kern 247, 254.
Greifzellen 328.
Grenacher, Färbemittel 182, 184, 185, 190, — Kernfärbung 188.
Griesbach, Färbemethoden 192, 197, — Injektionsmasse 13.
Griffel, Infusoria 230.
Grohmann, Kupferstiche 83.
Gryllotalpa, Nährstoffe des Eis 312.
Guanin, Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 154, 155, 157, 160.
Guaninkalk, Fischcutis 315.
Gudden, Cylindermikrotom 125.
Gummi, Reaktion 153.
Gummi arabicum zum Aufkleben von Schnitten 133, — als Einbettungsmittel 115, — als Einschlussmedium 137.
Gummiglycerin als Einschlussmedium 137, 138; siehe auch Gummieinbettung.
Gundlach, siehe Seibert und Krafft.
Guttapercha zum Aufkleben von Schnitten 134.
Guttaperchazellen für Trockenpräparate 146.
Gymnotus, elektrisches Organ 404.
Gyps, zum Einschmelzen beim Präparieren 8.

Haarbildungen 333; siehe auch Borsten und Bürstenbesatz.
Hämatin, Absorptionsspektrum 170, 171, — Reaktionen 153, 157.
Hämatoïdin, Krystalle 166, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 155, 157.
Hämatokrystallin, siehe Hämoglobin.
Hämatoporphyrin, Absorptionsspektrum 170, 171.
Hämatoxylin, als Kernfärbungsmittel **181**, 239, 240, 247, 251, 268, — Darstellung 181, — nach Böhmer **181**, 204, — nach Klein 182, — nach Cook 182, — nach Ranvier 182, — nach Renault 182, — nach Grenacher 182, — nach Ehrlich 182, — nach Kleinenberg 183, — Wirkung als Färbemittel 183; siehe auch 180, 193, 197, 198, 262, 283, 312, 381, 384 und Successive Mehrfachfärbungen.
Hämatoxylinniederschlag, Verwendung 182.
Hämerythrin, Spektrum 170.
Hämin, Krystalle 155, 157, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 153, 157.
Hämochromagen, Absorptionsspektrum 170, 171.
Hämocyanin, Spektrum 170.
Hämoglobin, Absorptionsspektrum 170, 171, — Färbbarkeit 191, — Krystalle 168, — Löslichkeit 162, — Reaktion 160, — Verhalten gegen Trypsin 164.
Hämoxylin, siehe Hämatoxylin.

Hängender Tropfen 89.
Härchenzellen, Wirbeltiergehörorgan 237.
Härtungs- und Conservierungsmittel **104**, 111, 204, — Litteratur 107; siehe auch Fixierung der Gewebe.
Häutchenzellen, Henle'sche Scheide 396.
Hakenbildungen, Vermes 333.
Halisarca lobularis, Einschlüsse des Eis 314.
Halisceptrum, Achsenskelet 337.
Halistemma rubrum, Nematocysten 324.
Halteria, Hauptkern 248.
Hammarsten, Reaktionen 153, 160.
Haplocanthin 315.
Harnblasenzellen (*Salamandra*), Kernteilung 272, 273, — Zellteilung 278.
Harnröhrenepithel, Stäbchenzellen 304.
Harnsäure, Krystalle 167, 168, — Löslichkeit 161. — Reaktionen 152, 157, — Vorkommen 310.
Harnsekretion, Vertebrata 304.
Harnstoff, Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 155, 159, — salpetersaurer, Krystalle 151.
Hartig, carminsaures Ammoniak 189, — Reaktion 245.
Harting, Einschlussmedium 135, — Maßeinheit beim Mikroskopieren 67, — Prüfung der Aberration 54.
Hartley, Apparat für schnellen Temperaturwechsel 93.
Hartnack, Oculaire holostère 31, — stereoskopisches Ocular 60.
Harze, als Einschlussmedien **138**, 205, 216, — als Injektionsmassen 12, — Reaktionen 172.
Hauptkern, siehe Kern.
Haut, Färbungsmethoden 195, — Impfen mit Bakterien 208, — Schneiden aus freier Hand 113.
Hautdrüsen (Insecta), Kern 250.
Hautpigmente 315.
Havers'sche Kanäle 350.
Heidenhain, Entfärben nach Hämatoxylin 183, — Härtungsmethode 106, — Injektionsmethoden 21.
Heitzmann, Silberimprägnation 179.
Heizapparate für feuchte Kammern 91.
Heliozoa, Contractile Vacuolen 306, — Kern 246, 254, — Kernteilung 297, 298, — Körpergestalt 222, — Pseudopodien 225, 226, 227, 228, 317, — Skelet 332, — Teilung 297.
Helix, Ernährung der Embryonalzellen 313.
Hemichromatin **268**, 286, 293.
Henle'sche Scheide 390, 393, **396**, 402, 407, 408.
Henle und Merkel'sche Nervenfärbung 193.
Hénocque, Goldimprägnation 175.
Henozoum 215.
Hepatopankreas, Epithelzellen 309.
Herbst'sche Körperchen 408.
Hermann, Färbemethoden 186, 240.
Hertwig, Gebr., Macerationsmethode 109.
Hertwig, O., Fixieren von Amphibieneiern 99.
Hertwig, R., Silberimprägnation 179.
Herzen, Trypsingewinnung 163.
Herzmuskel, Vertebrata 372, 374, 379.
Heteroblastische Organe 214.
Heteromastigoda, Geißeln 231.
Heteropoda, Gehörorgan 237, — Eiteilung 284, — Körpergallerte der Larven 347, — Nervenendigungen 401.
Heterotypische Kinese 277.
v. Heurck, Immersionsflüssigkeit 36.
Hexactinellidae, Skelet 334.
Hippocampus antiquorum, Muskelfasern 369.
Hippopodius, Nematocysten 327.
Hippursäure, Krystalle 167, — Löslichkeit 161. — Reaktionen 155, 157.
Hircinia, Hornfasern 318, — Skelet 335.
Hirudinei, Abtöten 9, — Embryonalzellen 313, — Kiefer 333, — Muskelfasern 360, 362, — Nervenendigungen 401.
His, positive Silberbilder 179.
Hochdruckplatten 83.
Hodenzellen (Arthropoda) Kern 254, — Teilung 279, 285, 287, 299.
Höllenstein, siehe Silberimprägnationen.
Hörzellen, Innervierung 401.
Hoffmann, W., Paraffineinbettung 121.
Hoggan, Doppelimprägnation 179, — Silberimprägnation 179.
Hollundermark, zum Einfassen beim Schneiden 113, 114, 125.
Holman, Froschlarvenhalter 88.
Holokrine Drüsenzellen 310.
Holophrya, Myoneme 357.
Holothuria impatiens, Muskelfasern 358.
Holothurioidea, Abtöten 9, — Cutis 337, — Skelet 347.
Holotricha, Wimpern 230.
Holzessig mit Glycerin, als Einschlussmedium 137; siehe auch Remak'sche Flüssigkeit.
Holzschnitte 85.
Homarus, Hülle der Nervenfasern 397.
Homo, Amyloidentartung der Gewebe 314, — Endkolben 408, — Ganglienzellen 386, 399, — Havers'sche Kanäle 350, — Knorpelfibrillen 340, — Muskelfasern 361, 375, 379, — Muskeln, rote und weiße 377, — Nervenendigungen 400, — Neuroglia 321, — Osteoblasten 349, 353, — Oxyhämoglobinkrystalle 168, — Schleimzellen 308, — Tastzellenkörperchen 407, — Wimperepithel 229, 231.
Homoblastische Organe 214.

Homogene Immersionen, siehe Immersionssysteme.
Homogene Kerne 244.
Hoppe-Seyler, Chlorophyllan 116.
Horbaczewski, Elastinverdauung 165.
Horngebilde, Mammalia 319.
Hornlamelle, markhaltige Nervenfasern 402.
Hornskelet, Spongia 318, 335.
Hornsubstanz, Erweichen durch Kochsalz 109, — Färbung 180, — Zellmembran 329.
Hoyer, Antisepticum für Färbemittel 189, — Injektionsmasse 12, — Karminsaures Ammoniak 189, — Pikrokarminsaures Ammoniak 195, — Silberimprägnation 178.
Hüfner, Darstellung von Hämoglobin 168.
Hühnerbouillon, als Nährmedium 208.
Hüllschicht, Flimmerorgane 230, — quergestreifte Muskelfasern 368.
Huf, Mammalia 319.
Hyalin, Reaktion 154.
Hyaliner Knorpel 222, **339.**
Hyalonema Sieboldii, Spicula 334.
Hydra fusca, Abtöten 9, — Nesselkapsel 325.
Hydrochinon, zu Injektionsmassen 16.
Hydroidei, nervöse Elemente 382, — Nesselkapseln 325.
Hydromedusae, Gallertmasse 347, — Muskelfasern 373, — Myoblasten 358, — nervöse Elemente 382.
Hydroparacumarsäure, Reaktion 153.
Hydrophilus, Muskelfasern 367, 369, — Muskelfibrillen als Testobjekt 56, — Muskelkerne 369, — Scheibenzerfall der Muskelfasern 366.
Hymenoptera, Muskelkerne 369.
Hyperia galba, Pigmentzellen 345.
Hypoblast 214.
Hyporhynchus armatus, Sagittocysten 327.
Hyposulfit, Auswässern getonter Positivbilder 79.
Hypotricha, Wimpern 231, 234.
Hypoxanthin, Reaktion 152.
Hyrtl, Injektionsmassen 12.

v. Jaksch, Nachweis von Aceton 150.
Illuminator für Mikroskope 40.
Immersionssysteme, Wasserimmersionen 33, — Ölimmersionen 33, 36, — Immersionsflüssigkeiten 34, 36, — Deckglas 34, — Ausdehnung des Öffnungswinkels 37.
Impfmethoden für bakteriologische Untersuchungen 208.
Indigcarmin, zu Injektionen 21, — Nervenfärbung 193, 194.
Indigo, siehe Carmin mit Indigo.
Indigschwefelsaures Natron, Nervenfärbung 193.
Indirekte Kernteilung 256, — Definition 257, — Hauptphasen 258, — Hauptteile der kinetischen Figur 258, — Wesen der Kinese 260, — Variationen in der Kinese 260, — Teilungserscheinungen am Seeigelei 261, — Teilungserscheinungen am Nematodenei 269, — Teilung der Gewebszellen von *Salamandra* 272, — Heterotypische Kinese 277, — Amitotische Kinese 278, — Excentrisch gelagerte Amphiasteren 280, — Gewundene Asterradien 281, — Teile der kinetischen Figur 282, — Rolle derselben während der Kinese 288, — bei der Kinese wirkende Kräfte 293, — Teilung der Zelle 294, — Kinetische Zellteilung bei den Protozoën 297.
Infusoria, Abtöten 9, — Beobachtungsmethode 88, — Chitinnadeln 331, — Contraktile Vacuolen 306, — Contraktilität 357, — Flimmerorgane 230, 233, 234, — Kern 221, 247, — Kernteilung 285, 298, — Plasma 220, — Saugfüßchen 227, — Teilung 300, — Trichocysten 317, 324, — Undulierende Membran 232, — Untersuchungsmethoden 88, 137, 198, — Willenserscheinungen 382.
Injektionsspritzen 21.
Injektionsverfahren, Harz- und Fettmassen 12, — Leimmassen 13, — Kaltflüssige gerinnbare Massen 16, — Öl-injektion 17, — Glycerinalkohol-Gemische 17, — Explorative Injektionen 18, — Einführen der Kanüle 18, — Injektion dünnwandiger Gefäße 19, — Selbstinjektion 20, — Injektionsspritzen 21, — Druckapparate 24, — Injektionstisch 25, — Kanülenträger 25, — Litteratur 26.
Innenkolben, Endkolben 408.
Inosinsäure, Löslichkeit 162.
Inosit, Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 154, 159.
Inotagmen, quergestreifte Muskelfaser 382.
Insecta, Cuticularbildungen 333, — Darmepithel 330, — Drüsenzellen 304, 305, — Ei 188, 312, — Kerne 250, — Kernteilung 278, 280, 285, 287, — Muskelfasern 363, 365, 366, 367, 369, 372, 378, — Nervenendigungen 400, 403, — Retina 316, — Gehörorgan 333, — Zellteilung 299.
Intercellulargallerte 322.
Intercellularsubstanz 212, **213**, 335, 347, — Färbemethoden 181, 183, **189**, 192, 194, — Imprägnation 178.
Interfibrilläre Substanz, quergestreifte Muskelfasern 367.
Interfilarsubstanz 217.

Jod als Fixierungsmittel 103, — als Reagens **150**, 219, 314.
Jod-Jod-Kalium, als Entfärbungsmittel 187.
Jodgrün 180, **192**, 240, 243; siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Jodserum, Untersuchung von Muskelfasern 381.
Jodtinktur, siehe Jod.
Jodviolett 192.
Johne, successive Doppelfärbung 197.
Iris, Pisces 315.
Isocholesterin, Circumpolarisation 171, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 153, 156.
Isodictya simulans, Einschlüsse des Eies 314.
Isoëtes, Zellteilung 295.
Isotrope Scheiben, Muskelfaser 363, **364**, 366, 381.
Jung, Mikrotome 126.

Kalilauge, Aufhellen von Bakterienpräparaten 203, — Auswaschen nach Chromsäure 182, — Darstellung von Färbemitteln 186, 193, — als Reagens **156**, 346, — als Macerationsmittel **110**, 377, 380, siehe auch Moore'sche Probe.
Kalium, causticum, siehe Kalilauge, — chromsaures als Härtungsmittel 106, 409, — als Einschlussmedium 135, — zu Injektionen 15, — doppeltchromsaures, siehe Kaliumbichromat, — essigsaures als Einschlussmedium 135, — kohlensaures als Reagens 242, — oxalsaures, Behandlung von Platinpapieraufnahmen 79, — zu Injektionen 16.
Kaliumacetat als Einschlussmittel 187, — als Zusatz bei Färbemitteln 184.
Kaliumalaun, Zusatz bei Färbemitteln 182, 184, 196.
Kalumbichromat als Fixierungsmittel 174, 192, — als Härtungsmittel 105, 114, 125, — zu Injektionen 15, — zum Macerieren 109, — zum Reinigen der Objektträger 132.
Kaliumeisencyanür, zu Injektionen 17.
Kaliumferricyanid, zu Injektionen 14, 15.
Kaliumferrocyanid, Entfärben von Goldpräparaten 177.
Kaliumferrocyanür, Entfärben von Goldpräparaten 177.
Kalk, Auswaschen nach Anilinfärbung 186, — kohlensaurer, Krystalle 166, — Intercellularsubstanz 337, — oxalsaurer, Krystalle 166, — Reaktion 155.
Kalkmilch, Darstellung 156.
Kalksalze, als Bestandteile des Knochens 352, — Reaktionen 155, — Verhalten zu organischen Stoffen 346.
Kalkskelete, Macerieren 110.
Kalkwasser, Darstellung 156, — zum Macerieren 110, — als Reagens 156.
Kalkzellen, Mollusca 354.
Kaninchenbouillon, als Nährmedium 208.
Kanülen, siehe Injektionsverfahren.
Kanülenträger 25.
Kapselgewebe 338.
Kartoffelscheiben, als Nährmedium 208.
Karyochyl, siehe Kernsaft.
Karyokinese **257**, 294; siehe auch Indirekte Kernteilung.
Karyolyse 257.
Karyomeren 242, 267, **287**, 292.
Karyomiton, siehe Kerngerüst.
Katakinese, Echinodermenei 263, — Nematodenei 272.
Kataphase, Definition 258, — Nematodenei 269, — *Salamandra*, Gewebszellen 273, — Seeigelei 262.
Kaustisches Kali, siehe Kalilauge.
Kautschuk, Aufkleben von Schnitten 134.
Keimscheiben, Fixierungsmethode 99.
Keratin, Reaktionen 154, 155, 157, — Verhalten gegen Hitze 165, — Vorkommen 349, 337, 352.
Keratohyalin, Reaktion 155.
Kern 189, 210, 211, 220, — Fixierungsmethoden 96, 103, 249, — Nachweis 238, — Kernsaft 239, — Kerngerüst 239, — plasmatische Kernkörperchen 240, — Chromatin 241, — Kernhülle 243, — Homogene Kerne 244, — Kernformen 246, — Kerne der Protozoen 246, — Kerne der Zoophyten, Würmer und Weichtiere 249, — Kerne der Arthropoden 250, — Kerne der Tunicaten 251, — Kerne der Wirbeltiere 252, — Kerne der Ganglienzellen 384, 385, — Kerne der Leberzellen 308, — Kerne der Muskelfasern 361, 369, 370, 371, 374, 375, 376, 377, 378, 402, 404, 405, — Kerne der Muskelzellen 358, 359, 360, 371, — Kerne der Nervenfasern 394, 396, 398, 403, — Kerne der Neurogliazellen 321.
Kernfaden **239**, 245, 250, 251, 253, 254.
Kernfadenmembran 254.
Kernfärbung **181**, **188**, 191, 192, 194, 197, 198, 239, 242, 246, 248, 268, 282, 287, 289, 384.
Kernformen, Sarcodina 246, — Mastigophora 247, — Infusoria 247, — Nebenkern 247, — Spongia 249, — Coelenterata 249, — Vermes 249, — Mollusca 249, — Arthropoda 250, — Tunicata 251, — Vertebrata 252, — Geschlechtszellen 253.
Kerngerüst **239**, 245, 246, 253, 254.
Kernhülle 188, 212, **243**, 245, 246, 249, 250, 253, 265, 298, 300, 370.
Kernknäuel 245, 249, 250.
Kernknospung 254.

Kernkörnchen, siehe Kernkörperchen.
Kernkörperchen **240**, 247, 249, 250, 251, 253.
Kernmembran, siehe Kernhülle.
Kernnest 246.
Kernnetz 239, 251, 252, 253, 254, 370; siehe auch Kerngerüst.
Kernplatte 258, 259, 260, 289, **290**, 296.
Kernpol 282.
Kernradien 265, 266, 270, **285**, 289, 294.
Kernsaft **239**, 245, 246.
Kernspindel **259**, 285.
Kernsprossung, Infusoria 300.
Kernstrukturen 104, 246, — Fixieren 95.
Kernteilung, siehe Direkte und Indirekte Kernteilung.
Kernteilungsfiguren, Fixierungsmethoden 98, 100, — als Testobjekte 57.
Kernverästelungen 253, 254, 308.
Kernzellensprossung 300.
Key und Retzius'sche Körperchen 408.
Kiemenblättchen (Lamellibranchiata), Wimperzellenpräparate 234.
Kieselnadeln, Verhalten gegen Glühhitze 166.
Kieselschwämme, Entkieseln 112, — Macerieren 110.
Kinese, siehe Indirekte Kernteilung.
Kinetische Centren, siehe Centrosoma.
Kinetische Spannungen 298.
Kinetische Zellteilung, siehe Indirekte Zellteilung.
Kitt, für mikroskopische Präparate 142.
Klebs, Paraffineinbettung 119.
Klein, Hämatoxylin 182.
Kleinenberg, Einbettungsmethode 123, — Hämatoxylinlösung 183, — Pikrinschwefelsäure 183.
Knäuelbildung, Ganglienzellenplasma 217.
Knäuelstadium, siehe Spirem.
Knochen, Entkalken 111, — Färbemittel 195.
Knochenbildung **349**, 351.
Knochengewebe; Einteilung 348, — Zahnbein 348, — Echtes Knochengewebe 349, — Havers'sche Kanäle 350, — Lebenserscheinungen 351, — Grundsubstanz 352.
Knochenkörperchen, Isolieren 110.
Knochenlamellen 351.
Knochenschliffe 46, 352.
Knochenzellen, Gestalt 222.
Knorpel; Hyaliner Knorpel 339, — Faserknorpel 340, — Netzknorpel 341, — Lebenslauf des Knorpels 341, — Färbemethode 188.
Knorpelverknöcherung 351.
Knorpelzellen, Contractilität 356, — Gestalt 222, — Isolieren 110.
Knospenbildung 215.
Kobaltglascylinder, für Mikroskopierlampen 44.
Koch, Deckgläschenpräparate 203, — Einbettungsmethode 124, — Färbemethoden 186, 198, — Reinkulturen 207.
v. Koch, Schleifen von Präparaten mit Weichteilen 113.
Kochen als Reagens 165.
Kochsalzlösung, Färbung intra vitam 198, — als Lösungsmittel 226, 392, — zum Macerieren 340, — Peptonbereitung 205, — beim Präparieren 8, — als Reagens 159, — als Untersuchungsmedium 203, 308; siehe auch Pacini'sche Flüssigkeit, Goadby's Conserving Liquor, Lang'sche Mischung.
Kölliker, Fixierungsmethode 102.
Königswasser, zum Macerieren 110.
Körnchenplatzen, Schleimabsonderung 308.
Körnchenscheibe, Zellteilung 295.
Körnchenströmungen, Flimmerorgane 230.
Körnchenzellen 307, 310.
Körting, Schrauben- und Schienenmikrotom 128.
Kohlehydrate, Reaktion 157.
Kohlensäure, zum Einschläfern 9, — als Spaltungsprodukt des Glycerins 136.
Kohlensaures Ammoniak, siehe Ammoniak.
Kohlensaurer Kalk, siehe Kalk.
Kohlensaures Lithion, siehe Lithion.
Kohlenstoff, Protoplasma 209.
Kollotypie 82.
Kolpeurynter, zum Auflegen von Deckgläschen 142, 145.
Kopierrahmen 79.
Kork als Fassung zu schneidender Objekte 113, 114, 125, — als Unterlage beim Präparieren 7.
Kragenmembranen 232.
Kragenzellen 230, 232.
Kraus, Absorptionsspektrum des Chlorophylls 169.
Krause, Färbemethode 180.
Krauss, Macerationsmethode 110, — Silberimprägnation 178.
Kreatin, Krystalle 165, 167, — Löslichkeit 161, — Reaktion 154.
Kreatinin, Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 154, 156, 158, 159, 160.
Kreosot, Auswaschen von Schnitten 123, — als Fixierungsmittel 100, 139.
Krukenberg, Absorptionsspektra tierischer Farbstoffe 170, — Reaktionen 154, — Spektra der Gallenfarbstoffe 170.
Kryptophansäure, Consistenz 167, — Reaktion 160.
Krystalle, Hepatopankreaszellen 309, — Membranen 315, — Charcot'sche Kr. 157.

Krystallgestalten der Körper 166.
Krystalloïde 166, 313.
Künstliche Befruchtung der Seeigeleier 261.
Künstliche polysperme Befruchtung 297.
Kuhpocken, Kultur 208.
Kunkel. Reaktion 160.
Kupfer, essigsaures, siehe Barford'sche Probe.
Kupferoxyd, als Reagens 160, — schwefelsaures, siehe Kupfersulfat.
Kupferoxydammoniak, siehe Cuprammoniumoxyd.
Kupfersulfat, als Härtungsmittel 160, — zum Macerieren 109, — als Reagens 160.
Kupfervitriol, Zusatz zu Hämatoxylin 182.
Kynurensäure, Reaktionen 151, 156.

Lacaze-Duthier, Automatischer Kanülenhalter 25, — Gummieinbettung 115, — Injektionsapparat 20, **23**.
Lacerta, Muskelimprägnierung 176, — Nervenendigungen 403, 404.
Lacertofulvin, Absorptionsspektrum 170.
Lackmus, als Reagens 172.
Lacrymaria, Hauptkern 249.
Lamellibranchiata, Abtöten 9, — Flimmerzellen 231, 233, 237, — Muskelfasern 362, 373, 374, — Pigmentflecke 237, — Schleimzellen 308.
Lang, Doppelfärbung 197, — Fixierungsmethoden 102, 103.
Lassozellen 328.
Lautermann'sche Ringe (Einkerbungen) 395.
Lebende Gewebe, Färbung 198.
Lebende Infusorienkerne, Untersuchungsmethode 249.
Lebende Mikroorganismen, Untersuchungsmethoden 202.
Lebende Tiere und Gewebe, Untersuchungsmethoden 87.
Leber, Diastasegewinnung 163, — Goldimprägnation 177, — Fettzellen 311, — Härten 114, — Schnittmethoden 114, — Zellen 219, 308, 314.
Lecith, Färbbarkeit 312, — Vorkommen 284.
Lecithin, Färbbarkeit 174, 188, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 155, 157, 159, — Schmelzpunkt 165, — Vorkommen 313, 364.
Lecoultre, Rasiermesser 125.
Lee, Goldimprägnationen 175.
Legros, Silberimprägnation 178.
Leimgebende Substanzen, Circumpolarisation 171, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 96, 97, 98, 100, 109, 151, 153, 156, 159, 160, — Trypsinverdauung 164.
Leimmassen, zu Injektionen; rote 13, — blaue 14, — gelbe 15, — grüne 15, — braune 16, — purpurrote 16.
Leimpeptone, als Umwandlungsprodukte 165.
Leinöl, siehe Asphaltlack und Goldsize.
Lepidoptera, Hodenzellenteilung 285, 287, — Samenzellenteilung 280, — Schuppen 333.
Lepidosiren, Schuppen 349.
Lepisma saccharina, Schuppen als Testobjekt 55.
Leprabacillen, Färbemethoden 204.
Leptodiscus, Gestalt 221.
Leptodora, Gestaltveränderung der Ganglienzellen 399.
Lepus cuniculus, Ei 216, 220, 222, — Eimer'sche Nervenendigungen 406, — Geschmackszellen 236, — Injektionsmethode 20, — Markhaltige Nervenfasern 395, — Muskelfasern 379, 380, — Muskelkerne 369, — Ohrknorpel 341.
Leucandra caminus, Spicula 334.
Leucin, Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 154, 157, 165, — als Umwandlungsprodukt 164, — Vorkommen 313.
Leucocyten, Gestalt 221, 224, 225, — Kerne 254, — Membran 299.
Leucoïd 163.
Leucyssa incrustans, Spicula 334.
Leydig'sche Zellen 307, 310, 400.
Lichtabsorption tierischer Substanzen 62,
Lichtbrechung **44**, 239, 241.
Lichtkonzentrationsvorrichtungen 42.
Lichtquellen beim Mikroskopieren 39; siehe auch Beleuchtungsapparate.
Lichtstrahlen, Verlauf im stereoskopischen Okular 60.
Lieberkühn, Mikroskopierspiegel 39, — 'sche Drüsen, Epithelzellen 304, 330.
Liebig's Fleischextrakt, Bereitung von Nährmedien 205.
Ligamenta flava 345.
Ligamentum nuchae 345.
Lilafarbiger Boraxcarmin 190.
Lima, quergestreifte Muskelfasern 362, 373, — schräggestreifte Muskelfasern 374.
Limax, Polzellenbildung 281.
Lindet, L., Goldimprägnation 175.
Lindt, H., Collodio-Chloridpapier 79.
Linienpapier, für Photozinkographie 84.
Linin 268, 275, 293.
Linsen, optische, siehe Objektive und Okulare.
Linsenfasern, Macerieren 110.
Linsenzellen, Vertebrata 223.
Liquidambar, als Einschlussmedium 141.
Lithion, kohlensaures, Darstellung von Lithioncarmin 185.
Lithioncarmin **185**, 195.

Lithobius forficatus, Hodenzellenkern 254.
Lithographie 83.
Lithographische Anstalten, siehe Vervielfältigung von Zeichnungen.
Lithographischer Stift, zum Schreiben auf Glas 147.
Live-Boxes, siehe Kompressorien.
Locusta, Samenbildungszellen 278.
Locustidae, Gehörorgan 237, 333.
Lövendahl, Kupferstiche 83.
Löwitt, Goldimprägnation 176.
Loligo, Knorpelstruktur 340.
Long, Verbesserungen an Thoma's Mikrotom 126.
Lophius piscatorius, bipolare Ganglienzellen 389, — Zellen der Medulla oblongata 385.
Loxodes rostrum, Kerne 247, 248, 249.
Loxophyllum meleagris, Hauptkern 249.
Lucanus cervus, Muskelfasern 367.
Lucernaria, Nematocysten 327.
Luftblasen, in Canadabalsampräparaten 140, — Lichtbrechung 45.
Luftröhre, siehe Trachea.
Lugol'sche Lösung, als Färbemittel 81, — als Fixierungsmittel 103, — als Reagens 150.
Lumbricidae, Embryonalzellen 313, — Muskelfasern 362, — Nervenfasern 397.
Lupen 9.
Lupenstative 10.
Luteïn, Absorptionsspektrum 170.
Luvanus imperialis, glänzende Plättchen der Iris 315, — Pigmente der Schwanzflosse 315.
Lymphdrüsenzellen 98, 319.
Lymphherzen (*Rana*), Goldimprägnation 177.
Lymphkanälchen, Silberimprägnation 179.
Lymphknoten, Gerüstgewebe 322.
Lytta vesicatoria, Muskelfasern 367.

Mac Munn, Luteïnspectrum 170.
Macerationsverfahren, Bedeutung 108, — Abkochen in verschiedenen Medien 109, — Alkohol von 30% 109, — Verdünnte Fixierungs- und Härtungsmittel 109, — Eingreifende Macerationsmittel 109, — Zertrümmerungs- und Sprengmethoden 111, — Entkalken, Entkieseln 111.
Macronucleus (Infusoria), Teilung 298, siehe auch Hauptkern.
Macula acustica, Härchen 237.
Magdalarot 186.
Magendrüsen, Epithelzellen 304, 330.
Magnesia, schwefelsaure, als Reagens 160.
Magosphaera, Gallerthülle 336.
Malachitgrün 195.
Malapterurus, elektrisches Organ 401, — Riesenganglienzellen 385.
Malassez, Färbung mit Osmiumsäuredämpfen 174.
Malpighi'sche Gefäße, Epithelzellen 304, 330, — Nervenendigungen 400, — Zellkerne 250.
Malpighi'sche Kapseln, Epithelzellen der Gefäße 304.
Maltose, Circumpolarisation 171.
Maly, Pepsingewinnung 164.
Malzextrakt, Diastasegewinnung 163.
Mammalia, Bindegewebe 246, 342, — Centralnervensystem 321, 322, 385, — Cutis 311, — Ei 329, — Gewebskerne 253, — Hautdrüsen 310, — Injektionsmethode 20, — Knochenbildung 348, 350, 351, — Knorpel 222, 341, — Muskelfasern 369, 371, 374, 375, 377, 379, 380, — Nabelstrang 344, — Nervenfasern 392, 393, 394, 395, — Nervenendigungen 400, 407, 408, — Niere 305, 330, — Sinnesorgane 236, 344, 345, 406, — Wimperepithelien 231, 234, — Zähne 348.
Manfredi, Goldimprägnation 175.
Mannit, Löslichkeit 161, — Reaktion 158.
Marine Glue, zum Ankitten von Glaszellen 146.
Mark, Macerationsmethode 109.
Markhaltige Nervenfasern 391, **393**, 394.
Marklose Nervenfasern 391.
Markräume, Knochen 352.
Markröhre, siehe Markscheide.
Markscheide 395.
Mascuke, Kreatinreaktion 158.
Maskenlack 144, 146.
Mastigophora, siehe Flagellata.
Mastix, als Einschlussmedium 8, 140, — Firniss zu Injektionen 12, — zum Kitten von Glas 146.
Mastzellen, Vertebrata 353.
Mauthner'sche Scheide, markhaltige Nervenfasern 393.
Mayer, Schnittstrecker 131.
Mayer, P., Cochenilletinktur 190, — Entfärben nach Osmiumsäure 174, — Entkieselungsmethode 112, — Fixierungsmethode 101, — Kleben von Schnitten 134.
Mayer, S., Färbung lebender Gewebe 198.
Mayzel, essigsaures Bismarckbraun 187.
Mehrfachteilungen der Zellen 256.
Mehrkernige Protozoen 247.
Meisenbach, Hochdruckplatte 82, 83.
Melanin, Reaktionen 152, 155, 158, — Vorkommen 316.
Melolontha vulgaris, Muskelfasern 367.
Membranen, Anfertigung von Präparaten 201, — Schillern 315.
Membranbildungen, innere 323, — Centralkapselmembran 323, — Trichocysten 324, — Nematocysten 324, —

Sagittocysten 327, — Spirocysten 327, — äußere, siehe Zellmembran.
Membranellen 229, 230, 231.
Membranellenbewegungen 234.
Mennige, zu Injektionen 12.
Mering, v., Umwandlung der Stärke durch Diastase 163.
Merkel, Collodiumeinbettung 118, — Molybdänsaures Ammonium zum Färben 180.
Merkel'sche Lösung **106**, 221.
Merokrine Zellen 307.
Merotricha, Trichocysten 324.
Mesoblast 214.
Mesoderm 214, — als Bildungsstätte für Organe 318, 322, 359, 383.
Mesostomum rostratum, quergestreifte Muskulatur 373.
Messen mikroskopischer Bilder 66, 67, — optisches 67.
Messer, zum Präparieren 6.
Metagelatine, als Injektionsmasse 17.
Metakinese, Arthropodenhodenzellen 279, — Echinodermenei 267.
Metalbumin, Reaktion 153.
Metallglocken, siehe Beleuchtungsapparate.
Metallimprägnationen, Osmiumsäure 173, — Gold 175, — Silber 178, — Doppelimprägnationen 178, — Palladiumchlorür 179, — Molybdänsaures Ammonium 179, — nachträgliches Färben 180, siehe auch successive Mehrfachfärbungen.
Metallsalze als Reagentien 160.
Metallzellen für Trockenpräparate 146.
Metameren 215.
Metaphasen 258, — Gewebszellen von *Salamandra* 275, — Nematodenei 271, — Seeigelei 263.
Metazoa, Zellteilung 256.
Methylenblau **186**, 198, 204, 409, siehe auch Rosanilin + Methylenblau.
Methylgrün 180, **192**, 240, 243, 251, 262, 282, siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Methylviolett **186**, 192, 198, 204, 240.
Meyer, Absorptionsspektra tierischer Farbstoffe 170, — Glycerineinschließung 137.
Michael, A. D., Abtöten von Tieren 9.
Miescher, Nuclein 242.
Mikrobenpräparate, direkte Herstellung 202, — Deckgläschenpräparate 203, — Schnittpräparate 204, — Tinktionsmethoden 204, — Aufstellen 205, — Kulturmethode 205, — Impfmethode 208.
Mikrochemische Untersuchung der Gewebe, Jod 150, — Brom, Chlor 151, — Säuren 151, — Basen 156, — Alkalien 156, — Salze 159, — Wasser, Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff 161, — Fermente 162, — Erhitzen 165, — Beschaffenheit flüssiger Stoffe 166, — Krystallgestalt der Körper 166, — Circumpolarisationserscheinungen 170, — Fluorescenz 171, — Biologische Analyse 172, — Farbige Reagentien 172, — Metallimprägnationen 173, — Farbstoffe 180, — Färbungen intra vitam 198, — Litteratur 198.
Mikrometerokular 67.
Mikron 67.
Mikronucleus (Infusoria), Teilung 298.
Mikroorganismen, Färbemethode nach Hermann 186.
Mikrophotographische Apparate 76, siehe auch Photographie.
Mikrophyten des carminsauren Ammoniaks 189, — Färbung 187, — Membran 188.
Mikroskop 26, — Linsen 28, — Chromatische Aberration 29, — Sphärische Aberration 30, — Bildverzerrung 30, — Okular 31, — Objektiv 31, — Immersionssysteme 33, — Abschluss des Präparats nach oben 34, — Korrektionsfassung der Objektive 35, — Homogene Immersionen 36, — Abgrenzungsvermögen 38, — Lichtstärke 38, — Beleuchtung 38, — Lichtquellen 41, — Diffraktionserscheinungen 44, — Lichtbrechungserscheinungen 45, — Struktur und Farbenbild 47, — Mikroskoptisch 47, — Stativ 48, — Tubus 49, — Ankauf und Prüfung 51, — Optische Nebenapparate 59, — Stereoskopische Mikroskope 59, — Spektroskopische Vorrichtungen 61, — Polarisationsapparate 63, — Polarisspektromikroskop 65, — Litteratur 65.
Mikroskopische Präparate, Abschaben, Zerzupfen, Auspinseln 108, — Macerationsverfahren 108, — Schnittmethoden 112, — Dünnschliffe 112, — Schnitte durch frisches Gewebe 113, — Eintrocknen, Gefrieren 113, — Einfassen, Einschmelzen 114, — Einbetten 115, — Mikrotome 124, — Schnittserien 130, — Objektträger 131, — Unterguss für Objekte 132, — Aufkleben der Paraffinschnitte 133, — Einschlussmedien 135, — Fertigstellen der Präparate 141, — Umranden 143, — Zellen 145, — Kompressorien 146, — Etikettieren 147, — Wiederauffinden wichtiger Stellen 148, — Litteratur 148; siehe auch p. 201.
Mikrosomen **243**, 245.
Mikrospektralobjektive 62.
Mikrospektralokulare 61.
Mikrotome, Cylindermikrotome 124, — Scheibenmikrotom von Schieffer-

decker 125, — Messer von Lecoultre 125, — Gefriermikrotom von Roy 126, — Schienenmikrotom von Rivet-Leiser 126, — von Thoma 126, — Schrauben- und Schienenmikrotome von Schanz 128, — von Zeiss 128, — Abziehen der Messer 129, — Schnittserien 130, — Schnittstrecker 131.
Milchdrüsen 310.
Milchsäure, Reaktion 156.
Milchzucker, Circumpolarisation 171, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 159.
Millon's Reagens **152**, 392.
Milne-Edwards, Camera lucida 70, 71.
Mineralsäuren, als Lösungsmittel 315, — als Reagentien **154**, 173.
Mitom 242, **292**, 293, 299.
Mitosen **256**, 259.
Mitotische Zellteilung 293.
Mitteldarmdrüsen 309, — -Epithelzellen 330, — -Fettzellen 311.
Mittelscheibe, quergestreifte Muskelfaser 363, **364**, 365, 366, 375, 377, 378, 381.
Modelle aus Querschnitten 86.
Modellieren 85.
Modellierthon 86.
Modellierwachs 86.
Möller, Diatomeenplatte 58.
Mohnsamen, zu Injektionen 13.
Molisch, H., Diphenylamin und Brucin als Reagentien 173.
Mollusca 9, 20, 105, 150, 223, 224, 230, 231, 234, 237, 249, 250, 284, 288, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 315, 316, 319, 322, 327, 333, 337, 339, 347, 359, 360, 361, 362, 373, 374, 379, 381, 384, 385, 387, 393, 397, 400, 401, 402.
Molybdänsaures Ammonium, siehe Ammonium.
Monadina, pseudopodienartige Fortsatzbildungen 227.
Monaster 279.
Monckhoven's Nachfolger, Trockenplatten 77.
Monobromnaphthalin als Einschlussmedium 141.
Monocentrische Anordnung der Asterradien 269.
Monocystis, Gestalt 223.
Monomitomische Kerne 293.
Monophenylrosanilin 187.
Monopylaria, Centralkapselmembran 323, — Gestalt 222.
Monothalamia, Kern 246, — Pseudopodien 225.
Moore's Probe 158.
Mormyrus, elektrisches Organ 404.
Morris, Phosphor als Einschlussmedium 141.
Motorische Nervenfasern 391, 397, **389**, 400, 401, 402.
Mucigen, Leydig'sche Zellen 307.
Mucin, Intercellularsubstanz 337, — Reaktionen 96, 153, 154, 155, 156, 159, 160, — Zellmembranen 329.
Müller'sche Flüssigkeit als Härtungsmittel **106**, 192, 193, 239, — zum Macerieren 109, — zur Unterbrechung der Osmiumsäurewirkung 174.
Multipolare Ganglienzellen **390**, 401.
Mund, Ciliata, Monadina 227, 232.
Murexidprobe 152.
Mus rattus, markhaltige Nervenfasern 394, — Muskelfasern 380, — Nierenepithelzellen 305, — Sehnenzellen 345.
Musca vomitoria, Kerne der Larven 251.
Muscidae, Pigmente des Auges 316.
Muscularis (*Homo*), Fasern 361.
Muskelansätze 359.
Muskelband, Kerne (Tunicata) 252.
Muskelbildung 359.
Muskelfasern, siehe Glatte und Quergestreifte Muskelfasern.
Muskelfibrillen, siehe Fibrillen.
Muskelganglien 383.
Muskelgewebe, Glykogen 314, — Macerieren 110, — Färbemethode 180, — Goldimprägnierung 176.
Muskelkästchen 381.
Muskelkerne 239, 251, 253.
Muskelnetze 359.
Muskelplatten, *Torpedo* 405.
Muskelsäulen, *Torpedo* 405.
Muskelsehnen, siehe Sehnen.
Muskelspindeln 380.
Muskelsubstanz, Färbbarkeit 191.
Muskelsystem 214.
Muskelzellen, siehe Myoblasten.
Muskulatur, siehe Contractile Spezialisierungen.
Myelin 150, 174, 193, 391, 394, 395, 398.
Myelinscheide 402.
Myoblasten 222, **358**, 371, 377, 380.
Myogene elektrische Organe 404.
Myoneme 357.
Myopodien 357.
Myosin, Extraktion aus Muskeln 364, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 153, 154, 159.
Myriopoda, Hodenzellen 254, — Samenbildungszellen 278.
Mysis, Pigmentzelle 222, 315.
Myxine glutinosa, Ganglienzellen 389.
Myxosporidia, Nematocysten 326.
Myzostoma, unipolare Ganglienzellen 387.

Nabelstrang, Wharton'sche Sulze 344.
Nachet, Binokulartubus 60, — Camera lucida 70, — Reisemikroskop 52.
Nackte Zellen 328.
Nadeln, zum Präparieren 6.
Nährmedien für Bakterienpräparate 205.
Nährstoffe des Eies 312, — der Embryonalzellen 313.

Nahrungsaufnahme durch Zellfortsätze 238.
Nahrungsdotter 284.
Najadae, Polarzellen 225.
Naphthalin, siehe Monobrom-Naphtalin.
Naphthaöl, als Lösungsmittel für Paraffinschnitte 134.
Nasenhöhle (*Homo*), Flimmerorgane 229.
Nasse, Präparate von Muskelfasern 381.
Nassula, Hauptkern 248, — Trichocysten 324.
Natatores, Tastzellenkörperchen 407.
Nathusius, Goldimprägnation 176.
Natrium, als Reagens 156, — causticum, zum Macerieren 111, — hypochloricum, siehe Eau de Javelle, — indigoschwefelsaures, zur Injektion 21, — kohlensaures 117, 158, — schwefelsaures 14, 106, 160, 380; siehe auch Goldimprägnation und Moor'sche Probe.
Natriumchlorid, siehe Kochsalz.
Natriumhyposulfit, Entwickeln und Fixieren photographischer Platten 77, 78.
Natronseife, zur Einbettung 118.
Nebenhoden (*Homo*), Wimperepithel 229.
Nebenkern, Gewebszellen 287, — Infusorien 247; siehe auch Nucleolus.
Nebenscheiben, Muskelfaser 363, **364**, 365, 366, 368, 377, 378, 381.
Necrophorus vespillo, Muskelfasern 367.
Necturus, Nervenendigungen an Drüsenzellen 400.
Nelkenöl, als Aufhellungsmittel 116, 120, 186, 205.
Nematocysten 324.
Nematocystenfaser, Contractilität 327.
Nematodes, Chromomerenzahl 288, — Cuticularbildungen 333, — Eiteilung **269**, 285, 292, — Muskelfibrillen 359, — Polzellenbildung 278, 291, 292, — Samenzellen 279.
Nemertini, Körpergallerte der Larven 347.
Neolin, siehe Naphthaöl.
Nephtys scolopendroïdes, schräggestreifte Muskelfasern 374.
Nereis, doppeltschräggestreifte Muskelfasern 362, — Kiefer 333.
Nerven, Definition 383, — Macerationsmethoden 110, — Imprägnierungsmethoden 176, 177, 180.
Nervenendfädchen 237.
Nervenendigungen, Imprägnationsmethoden 176, — Stützapparate 333, — Definition 399, — Verbindung der Nervenfasern mit Epithelzellen 400, — Elektrische Organe 401, 404, — Nervenendigungen an Muskelfasern 401, — an Sehnen 404, — Nervenendnetze 405, — Blindendigungen 406, — Terminalkörperchen 406.
Nervenendplatten 403, 404, 405.
Nervenendscheiben 407.
Nervenfasern 321, 383, **391**, 400, — Färbemethoden 192, — Imprägnation 177, — Primitivfasern 391, — Remak'sche Fasern 392, — Markhaltige Fasern 394, — Markscheide 395, — Henle'sche Scheide (Entoneurium) 396, — Übergänge von markhaltigen zu Remak'schen Fasern 397, — Nervenhüllen wirbelloser Tiere 397, — Verhältnis zur Zellentheorie 398, — Teilung, Regeneration 399.
Nervenfibrillen, siehe Fibrillen.
Nervengewebe, Definition 382, — Ganglienzellen 384, — Nervenfasern 391, — Lebenslauf der Nervenzellen 398, — Nervenendigungen 399, — Technisches 409.
Nervenmark, Färbemethode 180, — Goldimprägnation 177.
Nervenplexus, siehe Nervenendigungen.
Nesselkapseln 234, **324**.
Nesselzellen 235.
Netzknorpel 341.
Netzstruktur des Kerns 241, 245, 246, — des Protoplasma 216, — der Zellmembran 329.
Netzzellgewebe 319.
Neurin, Reaktionen 154.
Neuroglia **319**, 322.
Neurokeratin, Definition 319, — Reaktionen 157, 395.
Nicol'sches Prisma 63.
Nidamentaldrüsen, Amphipoda 305.
Niere, Gewinnung von Diastase 163, — Injektion 21.
Nierenzellen, Arthropoda 309, — Mollusca 309.
Nigrosin 186, 191, 193, 195.
Nikotin, zum Abtöten von Tieren 9.
Nitrate, Reaktion 173.
Nitrite, Reaktion 173.
Nitroprussidnatrium, als Reagens 160.
Nobert, Camera lucida **70**, 71, — Platten mit Testobjekten 57.
Noctiluca miliaris, Plasmastruktur 217.
Nörner, Umranden von Glycerinpräparaten 143.
Norris, Färbemethoden 193, 196.
Nottingham-White, zu Injektionen 12.
Nuclein **210**, 245, 268, 313, — Färbbarkeit 188, — Löslichkeit 162, — Reaktionen 153, 159, — Verhalten gegen Pepsin und Trypsin 164.
Nucleinkörper, chemische 245.
Nucleofila 245.
Nucleohyaloplasma 245.
Nucléoles noyaux 254.
Nucleoli 186, **240**, 246, 248, 249, 250, 251, 253, 254; siehe auch Nebenkern.

Nucleomikrosoma 245.
Nucleus, siehe Kern.
Nyctotherus, Kernteilung 298.

Oberhäuser, Camera lucida 69.
Obermeier, Deckgläschenpräparate 203.
Obex, Neuroglia 322.
Objekthalter für das Thoma'sche Mikrotom 127.
Objektive, einfache, kombinierte 31, — Stärke, Frontaldistanz 32, — Schwache Systeme 32, — Mittelstarke, starke und Immersionssysteme 33, — Korrektionsfassung 35, — Objektive für mikrophotographische Zwecke 75.
Objektivmikrometer 58, 67.
Objekttisch, heizbarer 91.
Objektträger 34, **131**, 145, 146.
Objektwinkel 47.
Ochsenfleisch, Bereitung von Pepton 205.
Öffnungswinkel der Objektive 37, 54.
Öl, bei Einbettungen 123, — Färbbarkeit 173.
Ölimmersionen, siehe Immersionssysteme.
Ölinjektionen 17.
Ölsäure, Färbung mit Osmiumsäure 173.
Ölsteine, zum Abziehen der Mikrotommesser 129.
Öltropfen, Membran 323.
Ohrknorpel, Mammalia 341.
Oikopleura cophocera, Muskelkerne 344, 352.
Okulare **31**, 60.
Okularmikrometer 67, 68.
Olivenöl, zu Injektionen 13, 17.
Omentum (Vertebrata), Bindegewebe 344.
Onuphin, Reaktion 154.
Onychodromus grandis, Hauptkern 249.
Oolemma, Echinodermata, Mammalia 329, 330.
Opalina, Kern 247, 248, — Myoneme 357.
Opercularia, Myoneme 357.
Ophiostomum mucronatum, Chromomerenzahl 288.
Ophiuroidea, Abtöten 9.
Ophrydinae, Fangarme 228.
Ophryodendron, Hauptkern 248.
Ophryoglena, Trichocysten 324.
Ophryoscolecinae, Haupt- und Nebenkern 248.
Opisthodon, Hauptkern 249.
Optischer Focus, siehe Focus.
Orange 186.
Ordensstern, Kernteilung 271, 291.
Organapparate 214.
Organe, Definition 214.
Organische Säuren, siehe Säuren.
Organsysteme 214.
Orientieren der Objekte bei Paraffineinbettung 122.
Origanumöl, als Einschlussmedium 119.
Orinocarabus hortensis, Muskelfasern 367.
Ornithorrhynchus, Endkolben 408.
Orseille 192.
Orth, Lithionfarbstoffe 185, 195.
Osmiumessigsäure, als Fixierungsmittel 99, — zum Macerieren 109.
Osmiumsäure, zum Abtöten 9, — als Färbemittel **173**, 217, — als Fixierungsmittel **95**, 101, 190, 204, 219, 234, 235, 239, 282, 289, 306, 366, 409, — als Härtungsmittel 111, — nach Ölinjektionen 17, — und Chromsäure, als Fixierungsmittel 409, — Pikrinsäure 409; siehe auch Doppelimprägnationen.
Osmiumsäuredämpfe, als Fixierungsmittel 96.
Osmiumsäurepräparate, Nachfärben 183, 197, 198.
Osmoderma eremita, Muskelfasern 363.
Osteoblasten 349, 351, 356.
Osteogene Zellen 349.
Osteoïde Substanz 348.
Otiorrhynchus mastix, Muskelfasern 367.
Otolithenblase (Ctenophora), Haare 333.
Otolithin, Krystalle 166.
Ovis aries, Nervenfasern 394, 395, — Ohrknorpel 341.
Owsiannikow, Goldimprägnation 176.
Oxalsäure, Darstellung von Färbemitteln 190, 194, — als Fixierungsmittel 97, — als Hilfsmittel bei Färbemethoden 174, 183, 190, 196, — bei Injektionsmassen 15, — als Reagens 155, 173; siehe auch Goldimprägnation.
Oxalsaurer Kalk, siehe Kalksalze.
Oxalsaures Kalium als Entwickler mit Eisenoxyd 77.
Oxyhämoglobin, Absorptionsspektrum 170, 171, — Darstellung 168, — Krystalle 168, — Verhalten mit Trypsin 164.
Oxysäuren, aromatische; Reaktion 156.
Oxytrichinae, Kern 249, — Nebenkern 248.

Pacini, Sublimat als Einschlussmedium 135, — Fixierungsmittel 103.
Pacini'sche Körperchen 408.
Palaemon squilla, Myelinscheide der Nervenfaser 398, — Pigmente des Auges 316.
Palladiumchlorür, als Färbe- und Fixierungsmittel 180.
Palmitinsäure, Färbung mit Osmiumsäure 173.
Pancreas (Vertebrata), Epithelzellen 304, — Trypsingewinnung 163.
Panum, siehe Sachs.
Papierzellen, für Trockenpräparate 146.
Papin'scher Topf, Bereitung von Pepton 200, — Sterilisierung der Nährmedien 206.

Parablasttheorie 320.
Parabolic reflector von Wenham 39.
Paraffin, zum Einbetten 114, **119**, 121, **122**, 204, — zum Umranden von Glycerinpräparaten 143, — als Unterlage beim Präparieren 7.
Paraglykogen 314.
Paramaecium; Contractile Vacuole 306, — Hauptkern 248, — Kernbinnenkörper 249, — Kerntheilung 298, — Nebenkern 248, — Trichocysten 324.
Paramylum; Definition 314, — Reaction 153.
Parotidenspeichel, Diastasegewinnung 163.
Paroxybenzursäure, Reaktion 153.
Paroxyphenylessigsäure, Reaktion 153.
Partsch, Alaun-Cochenille 184.
Pathologische Gewebe, Zellteilung 256.
Paulier, Chlorallösung zum Lockern von Geweben 109.
Pause, Kinese 258.
Pecten, quergestreifte Muskelfasern 362, 373.
Pedicellarien, Muskulatur 373.
Pelagia, quergestreifte Muskelfasern 373.
Pelagische Seetiere, Fixieren 103.
Pelomyxa, Plasmaschichtung 220.
Pennatulidae, Achsenskelett 337.
Pentacrinin 315.
Pepsin, Gewinnung 164, — Löslichkeit 164, — Reaktion 155.
Pepsinverdauung **164**, 346.
Peptone; Darstellung 205, — Löslichkeit 162. — Nährmedienbereitung 203, 205. — Reactionen 154, 155, 156, 159.
Perchloridtinctur, als Fixierungsmittel 102.
Perényi, Fixierungsmethode 99.
Perichondrium, Bildung des Knorpels 341.
Peridinidae, Panzer 332.
Peridinium divergens, Kern 248.
Perigene Bindegewebe 339.
Perinucleäre Zellwandung 243.
Periost 348.
Peripatus, Schleifenkanäle 229.
Peripheres Nervensystem 383, 398.
Periplasten 272, 284.
Peripylaria, Centralkapselmembran 323.
Peritoncalhöhle (Pisces), Mikroben 208.
Petroleum, als Beimischung zum Paraffin 123.
Petroleumlampe beim Mikroskopieren 39, 41.
Petromyzon, Endkolben 407, — markhaltige Nervenfasern 394, — quergestreifte Muskelfasern 377, — Spinalganglienzellen 389.
Petromyzontidae, Skelett 338.
Pfitzner, Doppelfärbung 195.
Pflanzenzellen, Teilung 255, 287, 295.
Phaeodaria, Centralkapselwand 324.
Phalaena, Nervenendigungen an Drüsenzellen 400.
Phalangium, Retinazellen 346.
Phallusia intestinalis, Ei; Kernsprossung 300.
Phascolodon, Kern 249.
Phasen der Kinese 258.
Phenol, Reaktion 151.
Phloroglucin, als Reagens 173.
Phosphor, als Einschlussmedium 141, — Vorkommen 209, 312, 313.
Phosphorsäure, Charcot'sche Krystalle 169.
Phosphorsaurer Kalk, Intercellularsubstanz 337. Siehe auch Kalksalze.
Phosphorwolframsäure, als Reagens 156.
Photochemigraphie, siehe Photozinkographie.
Photographie; Mikrophotographie 75, — Objectivlinsen 75, — Einstellung 76, — Beleuchtung 76, 81, — Platten 77, — Negativbilder 77, — Positivbilder 79, — Stereoskopische Aufnahmen 79, — Färben der zu photographierenden Gewebe 81, — Photographieren größerer Objecte 81, — Bedeutung für wissenschaftliche Zwecke 82, — Vervielfältigungsmethoden 82, — Bacterienpräparate 82.
Photogravure 82.
Phototypie 82.
Photozinkographie 84.
Phreoryctes, Innervierung der Drüsenzellen 400.
Phykoërythrin, Absorptionsspectrum 170.
Phyllirrhoë bucephalum, Chromomerenzahl 288.
Physophora, Nematocysten 327.
Physostomi, Knochengewebe 348.
Pierre, Kupferstiche 83.
Pigment, als Kernfärbemittel 188, — Löslichkeit 315, — Vorkommen 309, 316, 342, 399.
Pigmentablagerungen 315.
Pigmentflecke, Lamellibranchiata 237.
Pigmentzellen; Bewegungen 353, — Gestalt 223, 316, — Innervierung 401, — Kern 238.
Pikrinchromsäure, siehe Chrompikrinsäure.
Pikrinosmiumessigsäure, zum Fixieren von Echinodermeneiern 261.
Pikrinsäure, zum Abtöten 9, — zum Entkalken 111, — als Färbemittel 192, 194, 195, — als Fixierungsmittel 102, 204, 282, 409, — zum Härten 409, — beim Präparieren 8. Siehe auch successive Mehrfachfärbungen.

Pikrinsalpetersäure, als Fixierungsmittel 101, — zum Entkalken 112.
Pikrinsalzsäure, als Fixierungsmittel 101.
Pikrinsaurer Ammoniak, Bereitung von Pikrocarmin 195.
Pikrinschwefelsäure, als Fixierungsmittel 100, — als Zusatzflüssigkeit beim Präparieren 9. Siehe auch Lang'sche Mischungen.
Pikrocarmin **195**, 197, 205, 368. Siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Pikrocarminsaurer Ammoniak 194, 195. Siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Pikrocarminsaurer Borax 195.
Pikrocarminsaures Lithion 195.
Pilocarpinvergiftung von Schleimzellen 307.
Pincetten 5.
Pinsel, zum Malen 72, — zum Umranden von Präparaten 144.
Pipetten 143.
Piria'sche Reaction 153.
Pisces; Auge 315, 321, 322, 345, — Cutis 345, — Ei 312, — Electrische Organe 401, 404, — Ganglienzellen 385, 388, 389, — Gewebskerne 253, — Knochengewebe 348, 350, — Knorpel 338, — Microben 208, — Muskelfasern 369, 374, 377, — Nervenfasern 394, 395, 396, 397, — Nervenendigungen 407, 408, — Schuppen 348, — Seitenorgane 236.
Plagiogene Bindegewebe 339, **347**.
Plagiogenes Gallertgewebe 347.
Plagiostomi, Knorpel 338, — Rhabditen 317.
Planaria quadrioculata, Abtöten 9, — Sagittocysten 327.
Planconvexe Linsen, siehe Linsen.
Plasma, siehe Protoplasma.
Plasmastructuren, Fixieren 96.
Plasmatische Kernkörperchen 245; siehe auch Kernkörperchen.
Plasmatische Nucleolen 245.
Plasmazellen 187, **353**.
Plastide 210.
Plastin **210**, 219, 245, 268, 275, 293, 309, 368.
Plathelminthes; Augen 237, — Centralnervensystem 384, — Excretionsorgane 231.
Platinblech, zum Erhitzen organischer Körper 165.
Platinchlorid, als Härtungsmittel 106, — als Reagens 159. Siehe auch Merkel'sche Lösung.
Platinpapier für Photographien 79.
Platten, photographische 77.
Plattenepithel 221.
Platurus, Muskelfasern 369.
Platymyarier 359.
Plectognathi, Schuppen, Strahlenstacheln 348.
Pleuronectes platessa, Retina 321.
Pleuronema, Trichocysten 324.
Pleurophyllidia, Spirocysten 327.
Pleurosigma, als Testobject 56.
Pleurotricha, undulierende Membran 232.
Plexaurella, Scleriten 335.
Plocamia gymnazusa, Spicula 334.
Pneumodermon mediterraneum, Muskelfasern 360.
Podocerus falcatus, Nidamentaldrüse 305.
Podophrya gemmipara; Saugfüßchen, Fangarme 228, — Teilung 300.
Pohl, Vergrößerung der Mikroskope 59.
Polarisation; Bedeutung 63, — Polarisationsapparate 63, — Polarisationsmikroskope 64.
Polarispektromikroskope 65.
Polarzellen, siehe Polzellen.
Polkörperchen, siehe Polzellen.
Polsonnen 260.
Polymastia, contractile Zellen 357.
Polymastix, Trichocysten 324.
Polynoë, Muskelfasern 373.
Polysperme Befruchtung 296, — Eier; Teilung 278.
Polystoma, Amylum 314.
Polystomum, doppeltschräggestreifte Muskelfasern 362.
Polythalamia, Kern 246.
Polzellen 225, **280**.
Polzellenamphiaster 280.
Polzellenbildung; Coelenterata 278, — Echinodermata 278, — Mollusca 280, 281, — Nematodes 278, 291, 292.
Polzellenteilung 288.
Porenkanäle, Wimperepithelzellen 233, — Zellmembran 329, 330.
Positive Papierbilder 79, — Silberbilder, siehe Silberbilder.
Pottasche, als Lösungsmittel für Chromatin (Nucleïn) 245.
Powell und Lealand; Homogene Immersion 38, — Beleuchtungsapparat 42.
Präparatenkästen 148.
Präparatenschränke 148.
Präparieren, siehe Secieren.
Präparierschalen 7.
Pravaz'sche Spritzen, bei Injektionen 19.
Prazmowsky, stereoskopisches Ocular 60.
Preußisch-Blau, zu Injektionen 12.
Primitivbündel, quergestreifte Muskelfasern 376.
Primitivfasern; Nervenfasern 388, 391, 392, 393, 397, 398, 408, 409, — quergestreifte Muskelfasern 376. Siehe auch Achsencylinder.
Pringsheim, Absorptionsspectrum des Chlorophylls 169.
Processus falciformis, Gallertgewebe 345.

Prochromatin 246.
Prokinese, Echinodermenei 264.
Prophase; Definition 258, — Echinidenei 262, — Gewebszellen von *Salamandra* 273, — Nematodenei 269.
Prorodon niveus, Hauptkern 248.
Protamin, Löslichkeit 162, — Reactionen 153, 159.
Protamoeba, Exoplasma 220.
Proteinkörner 313.
Proteinkörper, Gerinnung 218.
Proteus, Gewebskerne 252.
Protomyxa, Exoplasma 220.
Protoplasma; Definition 209, — Zusammensetzung 209, — Structur 215, — Färbbarkeit 181, 183, 189, 192, 194, — Fixierungsmethoden 96, 97, 99. Siehe auch Sarcode.
Protoplasmabrücken zwischen einzelnen Zellen 210.
Protoplasmaeinschlüsse 217.
Protoplasmaschichten 220.
Protozoa 100, 198, 220, 221, 223, 235, 246, 256, 297, 300, 306, 324, 328, 336, 357, 382.
Protula intestinum, quergestreifte Muskelfasern 373.
Proxenetes gracilis, Rhabditen 317.
Prüfung des Mikroskops 51, — der Objectivsysteme 55.
Pseudopodien; Contractilität 357, — Fixierungsmethoden 102, 104, — Hodenzellen der Lepidopteren 281, — Bewegung 228, — Polkörperchen 281, — Protozoa 224, 238, 317.
Pseudorhabditiden 317.
Pseudorhynchus bifidus, Rhabditen 317.
Pteropoda; Ei 312, — Larven 347, — Muskelfasern 359, 360.
Pterotrachea, Chromomerenzahl 288, — — Muskelfasern 362, — Nervenendigungen 400, — Polzellenbildung 280.
Ptyokrine Zellen 306.
Punktsubstanz **384**, 398.
Purkinje'sche Zellen **372**, 386, 387.
Purpurin 191.
Pyrenoide 314.
Pyrogallussäure, zum Färben und Härten 180.
Pyrosomidae, Mantel 338.

Qualitative Analyse 159.
Quastenform, Chromomeren 276.
Quecksilberchlorid, siehe Sublimat.
Quecksilberlösungen, als Reagentien 159.
Quecksilberoxydul, schwefelsaures, siehe Millon's Reagens.
Quergestreifte Muskelfasern 98, 184, 251, **362**, 402, 404, — Scheiben, Querscheiben, Zwischenscheiben 363, — Mittelscheiben, Nebenscheiben 364, — Scheiben der contrahierten Faser 365, — Reagentienwirkung 366, — Sarcolemma, interfibrilläre Substanz 367, — Fibrillen 369, — Kerne 369, — Entstehung 370, — Verhältnis zu den Myoblasten 371, — Uebergänge zu glatten Fasern 372, — Quergestreifte Muskeln der Wirbellosen 373, — der Chordaten 374, — der Arthropoden 378.
Quergestreifte Muskulatur, Fixieren 95, 98, 174.
Querringe, Kernfaden 250.
Querscheiben, Kernfaden 245, 250, — Muskelfaser **363**, 364, 365, 366, 375, 404.
Querstreifung, Primitivfasern 392, — — Sehstäbchen 237, — Tentakel der Cystoflagellata 233, — Wimpern 230.
Quincke, Schwefelammonium als Reagens 160.

Rabl-Rückhard, Auswaschen nach Salpetersäure 101.
Rachenschleimhaut, Wimperzellen 229, 234.
Radiolaria; Centralkapsel 323, — Gestalt 222, — Kern 247, — Plasmastructur 217, — Präparationsmethoden 110, 112, — Pseudopodien 225, 238, — Skelett 238, 318, 332, — Teilung 297.
Radlkofer, Chlorzinkjod als Reagens 151.
Radula, Mollusca 333.
Raja radiata, elektrisches Organ 404, — Endkolben 408.
Rajidae, Terminalkörper 407.
Rana; Cornea 223, 343, — Ganglienzellen 389, 399, — Injektion 21, — Knochenbildung 351, — Leberzellen 309, — Muskelfasern: glatte 380, — rote und weiße 377, — quergestreifte 375, — Nervenendigungen 404, 406, — Neuroglia 322, — Pigmentzellen 401, — Wimperzellen 231.
Randsaum, Wimperepithelzellen 233.
Randwimpern, Molluskenlarven 230.
Ranvier; Cylindermikrotom 124, — Drittelalkohol 109, — Eleïdinreaktion 155, — Färbemittel und Methoden 182, 190, 191, 193, 194, — Gaskammer 90, — Goldimprägnationen 176, 177, — Injektionsapparate 22, 24, — Metallspiegel für Mikroskope 41, — Testobject (Muskelfibrillen) 56, — Wasserheizapparat 92.
Ranvier'sche Einschnürungen (markhaltige Nervenfasern) 393, 396, — Segmente 402, — Kreuze 394.
Rasiermesser 114, 125.
Recklinghausen, feuchte Kammer 90, — Silberimprägnation 178.

Reconstruction aus Schnittserien 85.
Recurrensspirillen, Färbbarkeit 204.
Reding, Entfärbung der Goldpräparate 177.
Reduction von Zeichnungen 82.
Reinchlorophyll 161.
Reinculturen, Herstellung 207.
Reisemikroskope 53.
Remak'sche Härtungsflüssigkeit 106, — Nervenfasern 391, **392**, 397.
Renaut, Färbemethoden 182, 191, 195.
Reptilia; Ei 253, 312, — Farbstoffe 170, — Gewebskerne 253, — Hautfarbstoffe 170, — Impfmethode 208, — Injektionsmethode 21, — Knochengewebe 350, 351, — Muskelfasern 369, 377, — Nervenendigungen 403.
Retina; Annelides 315, — Arthropoda 237, 316, — Cephalopoda 237, 315, — Crustacea 315, — Ctenophora 316, — Echinodermata 315, — Vertebrata 320, 321, 383, 399, — Präparationsmethoden 98, 106, 108.
Retinazellen, Verbindung mit Nervenfasern 401.
Revolvervorrichtung 50.
Rhabditen 317.
Rhabdocoelidae, Rhabditen 317.
Rhaphidiophrys, Axenfäden 318, — Skelett 332.
Rhizinus, zu Injektionen 17.
Rhizopoda; Centralkapsel 323, — Contractile Vacuole 306, — Kern 246, 254, 297, — Protoplasma 328, 357, — Pseudopodien 317, — Skelett 238, — Teilung 297, — Willenserscheinungen 382.
Rhizostoma, Schirmgallerte 338, 347.
Rhodan, Reaction 160.
Rhynchelmis, Eiteilung 269.
Ribes nigrum, Darstellung von Ribesin 184.
Ribesin 183, siehe auch Eosin.
Richardson, Färbemethoden 192, 195.
Ricinusöl, Zusatz zu Paraffin 123.
Riechzellen; Amphibia 236, — Appendicularidae 231.
Riesenganglienzellen; Annelides 397, — Pisces 401.
Riesennervenfasern; Annelides 397.
Rindenschicht des Protoplasma 242.
Rivet-Leiser, Mikrotom 126.
Robin, Härtungsmethode 106, — Injektionsspritzen 22, 23.
Rodentia, sympathisches Nervensystem 385.
Röhrenknochen 350, 351.
Rohrzucker mit Schwefelsäure als Reagens, siehe Schwefelsäure.
Rolando'sche Substanz, Rückenmark 322.
Rollett, Carminlösung 184, — Polarispektromikroskop 65, — Zerstreuungsprisma 62.
Rosanilin 196. Siehe auch Säurefuchsin.
Rosein 197.
Rosolsäure, als Reagens 172.
Ross, Andrew, Objektivsystem 37.
Rotatoria, Cuticularbildungen 333, — Muskelfasern 373, — Segel 234.
Rote Muskeln, Mammalia 377.
Rotes Blutlaugensalz, siehe Blutlaugensalz.
Rotkohl, als Färbemittel 192.
Roy, Ch., Gefriermikrotom 126.
Rübendecoct, als Nährmedium 208.
Rückenmark 106, 229, 322, 384, 386, 387, 388, 389, 390, 393, 394, — Färbemethoden 177, 194, — Fixieren und Härten 104, 106, 114. Siehe auch Centralnervensystem.
Rückhard, siehe Rabl.
Ruge, siehe Davidoff und Ruge.
Rundzellenknorpel 340.
Ryder, Färbemethode 196.

Sabella ventilabrum, Absorptionsspectrum des Bluts 170.
Sachs u. Panum, heizbare Kammer 93.
Säurefuchsin **192**, 204.
Säuren, als Fixierungsmittel 95, — stickstoffhaltige, Krystalle 167, — stickstoffhaltige, Löslichkeit 161.
Safranin **186**, 196.
Saftkanälchen, Knorpel der Cephalopoda 340.
Sagartia parasitica, Epithelmuskelzellen 358.
Sagitta; Ei 217, — Eiteilung 288, 292, 294, — Ganglienzellen 383, — Kiefer 333, — Muskelbildung 359, — Nervenendigungen 400, — Sinneshaare 333.
Sagittocysten 327.
Salamandra maculata; Darmmuskeln 361, — Eitheilung 288, — Gewebskerne 239, 251, 252, — Gewebszellen, Teilung 260, **272**, 287, 292, — Samenzellen, Teilung 277.
Salicylsäure mit Glycerin, als Einschlussmedium 137.
Salicylsäureverbindungen, Reaktion 153.
Salkowsky, Kreatininreaktion 161.
Salmiak, Extrahierung von Myosin 364, — als Reagens 159.
Salpa democratica, Muskelkerne 252, 369, — *maxima*, Endostylepithelzellen 216, 307.
Salpeterlösung, zum Macerieren 109, — zur Untersuchung von Muskelfasern 380.
Salpetersäure, zum Auswaschen nach

dem Fixieren 101, — zum Entfärben nach Anilinfarbstoffen 187, 204, — zum Entkalken 111, 112, — als Lösungsmittel 316, — zum Macerieren 110, 380, — als Reagens 151, — zum Reinigen der Objectträger 132.
Salpetersaures Sarcin, siehe Sarcin, — Silberoxyd, siehe Silberoxyd.
Salpingoeca convallaria, Kragen 232.
Salze, als Reagentien 159.
Salzsäure, zum Entkalken 112, — als Fixierungsmittel 99, 109, — bei Färbemethoden 183, 184, 185, 187, — bei Injektionen 17, — zum Macerieren 110, 352, — zur Pepsingewinnung 164, — als Reagens 153, 209; siehe auch Scherer'sche Reaction und Goldimprägnation.
Salzsaure Hämatoxylinlösungen 183.
Salzsaurer Carmin nach Grenacher 184.
Salzsaures Cocaïn, siehe Cocaïn, — Rosanilin, siehe Rosanilin, — Sarcin, siehe Sarcin.
Samandarin, Eintrocknen 165, — Löslichkeit 161, — Reaction 159.
Samenzellen; Gestalt 223, — Teilung (Arthropoda) 278, 280, 290, 291, 292, — (Nematodes) 279, — (*Salamandra*) 276.
Sandarak, als Einschlussmedium 138, 140.
Sanio, Einschlussmedium 135.
Sankey, Nigrosinkernfärbung 191.
Sarcin; Krystalle 151, — Löslichkeit 161, — Reactionen 152, 154, 155, 157, 160.
Sarcode; Asterradien 283, — Beschaffenheit 328, — Contractilität 356, — Ganglienzellen 384, 385, — Geschichtliches 211, — Nervöse Eigenschaften 382. Siehe auch Protoplasma.
Sarcodeauswüchse 224.
Sarcolemma **367**, 377, 378.
Sarcomus, Skelett 335.
Sarcous elements 381.
Sarsia, quergestreifte Muskelfasern 373.
Saturnia, Nervenendigungen an Drüsenzellen 400.
Sauerstoff, Biologische Analyse 172.
Saugfüßchen, Acineta, 227, 238.
Sauropsidae, Eier 312, — Microben 208. Siehe auch Reptilia und Aves.
Scalpelle, siehe Messer.
Scaphidiodon, Kern 249.
Scaphopoda; Centralnervensystem 322, — Cuticularbildungen 333, 338, — Muskelfasern 360, — Nervenfasern 387, — Schleimzellen 308, — Wimperepithelien 234.
Scarabaeus laticollis, Muskelfasern 367, — Muskelkerne 369.
Sceptrella regalis, Spicula 334.
Schaellibaum, Aufkleben von Paraffinschnitten 134.
Schanze, Mikrotom 128, — Messerhalter 129.
Schattieren von Zeichnungen 71.
Scheeren 6.
Scheiben, Muskelfaser 362, 363.
Scheibenblendung 42.
Scheibenzerfall der quergestreiften Muskelfasern 367, 384.
Schellack, Aufkleben von Schnitten 133, — -Firniss 146.
Schematisieren von Zeichnungen 73.
Scherer, Reaction 154.
Schiefferdecker, Collodiumeinbettung 118, — Corrosionspräparate 110, — Mikrotom 125.
Schienenmikrotome 126.
Schießbaumwolle, siehe Collodium.
Schiff, Trypsinextract 163.
Schirmgallerte, Coelenterata 347.
Schizomyceten, Färbung 198, — Nachweis 202.
Schleimdrüsen 190, 307.
Schleimzellen 56, 58, 306, 307.
Schlunddrüse, Hymenoptera 305.
Schmelz, Zähne 349.
Schmirgel, zum Schleifen von Hartgebilden 142.
Schneider, essigsaures Carmin 184.
Schnittfärbungen 182, 185, 186, 190.
Schnittmethoden; Dünnschliffe 112, — Frisches Gewebe 113, — Eintrocknen 113, — Gefrieren 113, — Einfassen und Einschmelzen 114, — Einbetten 115. — Mikrotome 124, — Schnittserien 130, — Aufkleben der Schnitte 133, — Einschlussmedien 135, — Microbenpräparate 204, — Knochengewebe 352.
Schnittstrecker 131.
Schrägstreifung der Muskelfasern 374.
Schreiner'sche Base 106.
Schröter, Präparatenkästen 148.
Schultze, Carmin- und oxalsaures Ammoniak 190.
Schultze, M., Einschlussmedium 135, — Fixieren mit Schwefelsäure 98, — Heizapparat 91, — Osmiumsäurefärbung 173, 174.
Schulze, E., Cholesterinreaktion 156.
Schulze, F. E., Froschlarvenhalter 88, — Osmiumsäure als Fixierungsmittel 95, — Palladiumchlorür zum Färben und Fixieren 180, — Schnittstrecker 131.
Schuppen, Lepidoptera 333, — Pisces 348.
Schusterkugel, als Lichtconcentrator 41.
Schwammwerk, Kern 245.
Schwann'sche Scheide, Nervenfasern 390, **393**, 395, 396, — Nervenendigungen 402, 407, 408.

Schwefel, als Bestandteil des Dotters 312.
Schwefelammonium, als Reagens 160.
Schwefelcyan, als Reagens 160.
Schwefelkohlenstoff, bei Injektionen 12, — als Reagens 161.
Schwefelsäure; Aetzen von Zinkplatten 84, — zum Entkalken 112, — bei Färbemitteln 184, — als Fixierungsmittel 98, — zum Macerieren 109, — als Reagens 150, 153, 173, 314, — mit Eisessig als Reagens 153, — mit Rohrzucker als Reagens 153, — Reinigen der Objektträger 132.
Schwefelsaure Metallsalze, siehe die betreffenden Metallsalze.
Schwefelwasserstoff, Gewinnung des Rotkohlfarbstoffes 192.
Schweigger-Seidel, Carminlösung 184.
Schweinemagen, Darstellung von Pepsin 164.
Schwingplättchen, Ctenophora 332.
Sciurus, Hämoglobin-Krystalle 168, 169.
Sclera, Vertebrata 343.
Scleriten 335.
Scolopale Gehörorgane 238.
Scolopendra, Zellteilung (Samenbildungszellen) 278.
Secieren und Präparieren 5, 10.
Secretbläschen 224.
Secrete der Zellen, siehe Drüsenzellen.
Sektionspräparate 11.
Seetangleim, Bereitung von Nährmedien 206.
Seetiere, Fixierungsmethode 102, — Silberimprägnation 178.
Segel, Mollusken- und Würmerlarven; Wimperzellen 230, 231.
Sehnen 221, 343, 345, 376, 378, 404, — Goldimprägnation 175.
Sehstäbchen 236.
Sehzäpfchen 237.
Seibert, Zeichenapparat 70, 71.
Seibert und Krafft; Illuminator 40, — Mikrophotographischer Apparat 76, — Objective 76, 80, — Oculare 62, — Stative 48, 50.
Seide, Production 307.
Seidel, siehe Schweigger.
Seidenleim, siehe Sericin.
Seidenspinndrüsen, Kern 250.
Seifeneinbettung **117**, 204.
Seiler'sche Lösung, zum Entkalken 111.
Seitenlinie, Pisces 236, 401.
Seitenorgane; Amphibia, Annelides 236.
Selachii, Hautstacheln 348, — Bindegewebe der Flossen 337, — Nervenfasern 394, 397, — Neuroglia 332.
Selbstinjektionen 20.
Selenka, Kammer mit hängendem Tropfen 89.
Semper, siehe Fredericq und Semper.
Semperella Schultzei, Spicula 334.
Sensible Nervenfasern 391, 397, 398, 400, 401.
Sepia, Knorpel 340.
Sericin, Löslichkeit 162, — Reaktionen 160.
Serre-fine 20.
Sertile Anordnung der Chromomeren, siehe Sertum.
Sertum **259**, 265, 274, 279, 289.
Serum, geronnenes, als Nährmedium 208.
Shakespeare, Carmin-Indigo 196, — Indigcarmin zur Färbung der Nerven 193.
Sharpey'sche Fasern 352.
Siegellack, zu Injektionen 12, — Umranden mikroskopischer Präparate 144.
Silberbilder, negative und positive 178.
Silberimprägnation; Negative Bilder 178, — Positive Bilder 179, — Doppelimprägnationen 179, — Nachfärbungen 197, — Imprägnieren von Ganglienzellen 409.
Silberlösung, pikrinsaure 178, — essigsaure 178, — citronensaure 178, — milchsaure 178.
Silbernitratlösung nach Thiersch 179, — Demonstration der feineren Nervenstructur 392, 393, — zu Injektionen 16, 18. Siehe auch Silberimprägnation.
Silberoxyd, salpetersaures, als Reagens 160.
Siluridae, Schuppen 348.
Simplexlinsen 9.
Sinistrin, Circumpolarisation 171.
Sinnesfädchen 235.
Sinnesendorgane; Besondere Merkmale 235, — Tastorgane 236, — Organe des chemischen Sinnes 236, — Sehorgane, Gehörorgane 237.
Sinnesendzellen, Contractilität 356.
Sinnesepithelien 382, 400.
Sinneshärchen 235, 238.
Sinnesknöpfchen 238.
Sinnesorgane, Härten mit Müller'scher Flüssigkeit 106.
Sinnesperception der Zellfortsätze 238.
Sinnesstäbchen 235.
Sinneszapfen 235.
Sinneszellen 221, 223, 237.
Sinus rhomboidalis (Aves), Gallertgewebe 345.
Siphonophora, Muskelfasern 373, — Nematocysten 327, — Nervöse Elemente 382, — Schwimmglocke 347.
Sipunculus, Intercellularsubstanz 337.
Siredon, Gewebskerne 253.
Sirenidae, Skelett 348.

Skelettbildungen; Innere 316, — Aeußere 334.
Skelettogene Zellen, Echinodermata 347.
Sömmering, Zeichenapparat 68.
Solaster papposus, Muskelfasern 358.
Solenogastres, Cuticularbildungen 333.
Solidgrün 186.
Sonnenlicht, zum Mikroskopieren 41.
Sorby-Browning's Spectralocular 62.
Sorel, L., Lichtabsorptionsvermögen tierischer Substanzen 62.
Soret, Ch., Brechungsindex von essigsaurem Kali 135, — von Colophonium 140.
Spatangus purpureus, Muskelfasern 358.
Spectraloculare 62.
Spectraluntersuchungen 169.
Spectroscopische Apparate; Mikrospectraloculare 61, — Mikrospectralobjective 62, 63, — Fluorescierendes Ocular 62, — Beleuchtungsapparat mit Zerstreuungsprismen 62.
Speicheldrüsenzellen; *Anilocra* 241, 242, — *Chironomus* 239, 250, 299, — Vertebrata 304.
Speicheldrüsenzellen, Kern als Testobject 57.
Spengel, Verbesserungen an Thoma's Mikrotom 126.
Spermamutterzellen, siehe: Samenbildungszellen.
Spermatoblasten 255.
Spermatocyten, Teilung 291.
Spermatozoën, Flimmerorgane 233, — Membranellen 231, 234.
Spermazellen (*Salamandra*), Teilung 278.
Spezialisierungen der Zelle, Definition 355, — Contractile Spezialisierungen 356, — Nervöse Gewebe 382.
Sphaerechinus granularis, Muskelfasern 358.
Sphärische Aberration, siehe Aberration.
Sphères attractives 272.
Spicula, Spongia 334.
Spiegel für Mikroskope 39, 40, 41.
Spinalganglienzellen 385, 388.
Spindel, Kinese **259**, 285. Siehe auch Kernspindel.
Spinndrüsen 307. Siehe auch Seidenspinndrüsen.
Spinnenzellen 320.
Spio, Rhabditen 317.
Spiralfaser, Ganglienzellen 389.
Spirem 273, 276, 292.
Spirillum volutans, als Testobject 57.
Spirochona, Kern 248, 249.
Spirocysten 327.
Spirographin, Löslichkeit 162, — Reaktionen 153, 154, 164, 165.
Spiroptera strumosa, Chromomerenzahl 288.
Spirostomum, Kern 249.
Spongelia, Skelett 335.
Spongia; Bindegewebe 337, 343, — Kontraktilität 357, — Ei 344, — Entoderm 232, — Farbstoffe 170, — Kern 249, — Macerieren 110, — Mesodermzellen 224, — Nervöse Functionen 382, — Skelett 318, 334, 335, — Wimperkammern 232.
Spongilla, Hornfasern 318.
Spongin 318, 329, 335, — Reaktionen 154, 157.
Spongodiscidae, Geißel 225.
Sporozoa 229, 314, 326.
Sprengmethode, zum Untersuchen von Geweben 111.
Squalidae, Ei 312.
Squatina angelus, Argentea 315.
Staarnadeln 7.
Squilla, Teilung der Samenbildungszellen 278.
Stäbchenzellen, diakrine Drüsenzellen 304, — Vertebratenniere 330. Siehe auch Rhabditen.
Stärke, Reaktion 153, 172, — Umwandlung durch Diastase 163.
Stanniolzellen, Osmiumsäurefixierung 306.
Staphylinus caesareus, Muskelfasern 366, 367.
Stative 48, — Reisestative 53.
Stearinsäure, Färbung mit Osmiumsäure 173.
Steinheil, Aplanat siehe Aplanat, — Apparat zur Reduktion von Zeichnungen 82, — Lupen 9.
Steinkorallen, Schliffe nach der Koch'schen Methode 113.
Stelletta discophora, Spicula 334.
Stentor, contractile Vacuole 306, — Kerne 248, 249, — Körpergestalt 221, — Myoneme 357.
Stephenson, Homogene Immersion 33, — Phosphor als Einschlussmittel 141.
Stereoskopische Aufnahmen größerer Objekte 79.
Stereoskopische Okulare 60.
Stereoskopisches Mikroskop, siehe Binokularmikroskop.
Stereoskopisches Sehen 61.
Sterilisieren von Instrumenten, Deckgläsern und Objektträgern 203, — der Nährmedien und Kulturgefäße 206.
Sterilisierofen 206.
Sterilisiertes Wasser, zur Untersuchung von Bakterien 203.
Sternzellenknorpel 340.
Sticholonche zanclea, Pseudopodien 226, — Spicula 334.
Stickstoffhaltige Säuren, Krystallform 167.

Stilling'sche Gallerte 322.
Stinkdrüsen, Mammalia 310.
Stirling, Färbemethoden 192, 195, — successive Doppelfärbungen 197.
Stöhr, Terpentin zum Umranden von Glycerinpräparaten 143.
Strahlungen (Kinese) 259, 284.
Strasburger, essigsaures Methylgrün 187.
Strasser, Einbettungsmasse 123.
Stricker, Elektrischer Heizapparat für feuchte Kammern 91.
Strömungsbildungen bei der Kinese 293.
Strongylocentrotus lividus, Chromomerenzahl 288, — Eiteilung 258, **261**, 292, 296, — Polysperme Befruchtung 296.
Strophe, Definition 258, — Echinodermenei 266, — Gewebszellen von *Salamandra* 275, — lebendes Seeigelei 263, — Nematodenei 270.
Strukturbild, mikroskopisches 44, **47**.
Strukturlinien 44.
Stützfasern, Retina 322.
Stützlamelle, Coelenterata 336.
Stützsubstanzen, Darstellung durch Schwefelsäure 98.
Stützzellen, Retina 321.
Stylochus, Rhabditen 317.
Stylographic Pen 147.
Stylonychia mytilus, Kern 248, — Kernteilung 298.
Styloplotes fresenii, Wimperplättchen 332.
Styrax, als Einschlussmedium 141.
Subarachnoidalraum (Vertebrata), Bindegewebe 344.
Subbotin, Doppelfärbung von Bakterien 205, — Successive Doppelfärbungen 198.
Suberites, Einschlüsse des Eis 314, — Spicula 334.
Sublimat; zum Abtöten 9, — Desinfizieren der Haut 208, — als Einschlussmedium 135, — als Fixierungsmittel 102, 103, — zum Härten 409, — Verstärken des Negativbildes 78. Siehe auch Goadby's Conserving Liquor, Lang'sche Mischungen und Pacini'sche Flüssigkeiten.
Submaxillardrüse, Hymenoptera 305.
Submaxillarspeichel, Gewinnung von Diastase 163.
Substage 42.
Successive Mehrfachfärbungen 197.
Suctoria, siehe Acineta.
Surirella gemma, als Testobjekt 57.
Sus, Eimer'sche Nervenendigungen 406, — Markhaltige Nervenfasern 395, — Tastzellenkörperchen 407.
Swan, Trockenplatten 77.
Syculmis synapta, Spicula 334.
Syllis, quergestreifte Muskelfasern 373.
Symons, Apparat für schnellen Temperaturwechsel 93.
Syncytien **210**, 211, 356, — Geschlechtszellen 253, — Muskelfasern 359, 372, 374, 376, — Zellsprossung 300.
Syntonin, Löslichkeit 162, — Reaktion 159. Siehe auch Acidalbumine.
Szyszylowicz, Reaktion auf Stärkeschleime 172.

Tabakrauch, zum Abtöten 9.
Tageslicht, diffuses, beim Mikroskopieren 39.
Tait, Rotkohlfarbstoff 192.
Talg, als Zusatz bei der Paraffineinbettung 123.
Talgdrüsen 310.
Talpa europaea, Eimer'sche Nervenendigungen 406.
Tapetum (Pisces), glänzende Plättchen 315.
Tasthaare 236.
Tastkolben 408.
Tastorgane; Evertebrata 235, — Arthropoda 237.
Tastplättchen, Appendicularidae 333.
Tastzellenkörperchen 407.
Taurin; Diastaseeinwirkung 163, — Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktion 152.
Taurocholsäure, Löslichkeit 161, — Reaktionen 153, 157.
Teilung der Zelle, siehe Zellteilung.
Teilungsaxen, Kinese 260.
Teilungscyclus, Kinese 258.
Teilungsvorgänge in der Zelle, Veranlassung 255, — äußere Einflüsse 256.
Teleostei; Ei 312, — Muskelfasern 369, — Schuppen 348, — Skelett 348.
Tenebrio molitor, Muskelfasern 367.
Terminalkörperchen 406.
Terpentinöl; Aufbewahrung von Sektionspräparaten 11, — zum Aufhellen nach Anilinfärbung 186, — Benetzen der Deckgläschen zur Vermeidung von Luftblasen 140, — zu Injektionen 12, 18, — als Lösungsmittel von Canadabalsam 138, 139, — als Lösungsmittel von Paraffin 123, 133, 134, — zum Umranden von Glycerinpräparaten 143. Siehe auch Asphaltlack.
Terpentinöl und Benzol, als Lösungsmittel für Damarharz 140.
Testazellen, Ascidiae 301.
Testudo, Nervenendigungen 403.
Tethya, Contractilität 357.
Tethys, Ganglienzellen 384, 385, 387.
Tetractinellidae, Skelett 334.
Tetraëderaster 296.
Tetrao, Pigment der Federn 315.
Tetraster 296.
Thalamophora, Kern 247.
Thalassema gigas, Borsten 318.

Thalassicolla, Fadenstruktur des Protoplasma 247.
Thaliacea, Mantel 338, — Muskelfasern 376, — Muskelfibrillen 371, — Muskelkerne 252, 369, — Myoblasten 372.
Thanhoffer, Doppelimprägnation 179, — Goldimprägnation 176, — Irrigationsmesser 114, — Silberimprägnation 178.
Thiersch, Alkoholischer Boraxcarmin 185, — Injektionsmasse 15, — Osmiumsäurefärbung 197, — Silberimprägnation 179.
Thierstock 215.
Thoma, Albumineinbettung 117, — Mikrotom 126.
Thonerde, siehe Aluminium.
Threllfall, Verfahren zum Aufkleben von Schnitten 134.
Thury, Stativ mit Parallelogrammspiegelhalter 41, — Vorrichtung zum Wechseln der Objective 50.
Thymus, Abstammung 337.
Thynnus, Schuppen 348.
Thyreoïdea, Abstammung 337.
Tiara, Polzellenbildung 278.
Tinca vulgaris, quergestreifte Muskelfasern 374.
Tinktionsmethoden, s. Färbemethoden.
Tintinnidae, undulierende Membran 232.
Tintinnus, Membranellen 230.
Tipula, Retinazellen 316.
Tochterkerne, indirekte Kernteilung 292, — Infusoria 298.
Tochterkronen 291.
Tochterzellen, indirekte Zellteilung 295.
Tonen positiver Papierbilder 79. .
Torpedo, elektrisches Organ 404, — markhaltige Nervenfasern 394, 396, — Muskelimprägnation 177.
Trachea (Vertebrata), elastisches Bindegewebe 345, — Flimmerzellen 229.
Trachelius ovum, Hauptkern 248, — Trichocysten 324.
Trachymedusae, Kapselzellen 338.
Transparentseife, zu Modellen aus Querschnitten 86. Siehe auch Glycerinseife.
Traubenzucker, Circumpolarisation 171, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 158, 159.
Trematodes, Cuticularbildungen 333, — Muskelfasern 362.
Trennungsmembran, indirekte Zellteilung 295.
Trichocysten 317, **324**.
Trichodinae, Hauptkern 248.
Trichter, Infusoria 332.
Tricladidae, Rhabditen 317.
Triglyceride, Färbung mit Osmiumsäure 173. Siehe auch Fettkörper.
Triton, Gewebskerne 253, — Muskelfibrillen 370, — Spermatozoën 231, 234.
Trochilia, Kern 249.
Trockenplatten, siehe Platten.
Trockenpräparate, mikroskopische 146.
Trommer's Probe 158.
Tropäolin, als Reagens 173.
Trypanosoma, Gestalt 221, — Undulierende Membran 231.
Trypsin, Einwirkung auf Pepsin 165, — Einwirkung auf verschiedene Gewebe **164**, 321, 337, 340, — Gewinnung 163.
Tryptocollagen, Löslichkeit 162, — Pepsineinwirkung 165, — Reaktion 160, — Trypsineinwirkung 164, — Vorkommen 337.
Tschirch, Reinchlorophyll 161.
Tuberkelbacillen, Färbemethoden 186, 187, 197, 198, 204, — Präparate 203.
Tubicola, Stützzellen der Tentakel 224.
Tubuli contorti, Amphibia 330, — Mammalia 305.
Tubus, Mikroskop 49.
Tunicata, Eiteilung 284, — Fixe Excretzellen 310, — Flimmerzüngelchen 231, — Gewebskerne 251, — Kernzellensprossung 300, — Mantel 222, 337, 348, — Muskelfasern 369, 374, 379, — Muskelfibrillen 371, — Myoblasten 372, — Nervenendigungen 400, 402, — Tastplättchen 333.
Tunicazellen (Ascidiae), Gestalt 222.
Tunicin, Reaktionen 150, 153, 160.
Turbellaria, Abtöten 102, — Augen 237, — Excretionsorgane 231, — Fixierungsmethoden 102, — Muskelfasern 373, — Rhabditen 317, — Sagittocysten 327.
Typhusbacillen, Färbemethoden 204.
Tyrosin, Circumpolarisation 171, — Krystalle 167, — Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 153, 154, 155, 157, — als Umwandlungsprodukt 165, — Verhalten bei Hitze 165.

Überfärbung durch Hämatoxylin 183.
Übersichtspräparate aus Schnitten gefrorener Objekte 114.
Ultraviolette Linie an tierischen Präparaten 62.
Umbrella, Acalephae 338, 373.
Umranden von Glycerinpräparaten 143, — von Paraffinpräparaten 143.
Undulierende Membran 231.
Unipolare Ganglienzellen 387.
Unterguss zum Aufstellen von Objekten 132.
Uranylnitrat, zum Verstärken der Negativbilder 78.
Urocentrum, Hauptkern 248, — Trichocysten 324.

Uroërythrin, Löslichkeit 161.
Uroglena, Gallerthülle 336.
Urotricha, undulierende Membran 232.

Vacuolen, Appendicularidae (Ectodermdrüsen) 306, — Heliozoa 306, — Protoplasma 218, — Vertebrata (Schleimzellen) 306.
Vaginicola, Hauptkern 248.
Valentin, Compressorium 111, — Doppelmesser für frische Gewebe 113.
Vampyrella, Saugfüßchen 227.
Vanessa io, Euconen 316.
Vaselin, als Beimischung zum Paraffin 123.
Vater'sche Körperchen 408.
Velella, Nematocysten 325, 327, — Nervenzellen 223.
Venetianisches Terpentin, siehe Terpentin.
Verbindungsbrücken zwischen Zellen 210, 238.
Verbindungsfädchen der Chromomerenhälften 267, 286.
Vererbungsträger, Chromomeren 288.
Vergrösserungen der Mikroskope 58.
Verick, Mikrotom 129.
Verkalkung des Bindegewebes 345, — — des Knorpels 342.
Verknöcherung des Knorpels 342.
Vermes 9, 102, 170, 224, 230, 231, 236, 249, 269, 278, 282, 285, 288, 291, 292, 308, 310, 313, 315, 317, 318, 327, 333, 337, 338, 347, 358, 359, 360, 361, 362, 372, 374, 379, 381, 383, 384, 387, 397, 400, 401.
Verstärken des Negativbildes 78.
Vertebrata 18, 20, 21, 95, 99, 101, 104, 105, 106, 107, 114, 150, 153, 159, 165, 168, 169, 170, 174, 175, 176, 177, 179, 193, 198, 220, 221, 222, 224, 226, 229, 231, 234, 236, 237, 239, 240, 252, 253, 272, 278, 287, 288, 292, 299, 304, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 315, 319, 322, 329, 330, 336, 337, 338, 339, 341, 343, 344, 345, 348, 351, 359, 360, 367, 368, 369, 371, 372, 374, 376, 379, 380, 383, 384, 385, 387, 388, 389, 390, 392, 393, 394, 395, 398, 400, 401, 402, 403, 404, 406, 407, 408.
Vervielfältigung photographischer Bilder 82.
Vervielfältigungen von Zeichnungen, Lithographie 83, — Kupferstiche 83, — Holzschnitt 83, — Zinkographie 83, — Photozinkographie 84, — Holzschnitt 85.
Verzeichnung des mikroskopischen Bildes 54.
Vesuvin 185, 204. Siehe auch Successive Mehrfachfärbungen.
Vierteilungen der Zellen 256, 295.
Violett 5 B und 50 N, für Färbung intra vitam 198.
Vipera ammodytes, blinde Nervenendigungen 406.
Vitellin, Dotter 313, — Pseudopodien 226, 317.
Vorticella microstomum, Kern 248.
Vorticellidae, Hauptkern 248, — Kernbinnenkörper 249, — Myoneme 357, — Nebenkern 248.
Vulpian, Fixieren mit Eisenperchlorid 102.

Wachs, zu Injektionen 12, — Modelle aus Querschnitten 86, — Zusatz bei Paraffineinbettung 123, — als Unterlage beim Präparieren 7.
Wachstumsgrenzen der Zellen 255.
Wachszellen für Trockenpräparate 146.
Wärmekasten für Paraffineinbettung 121.
Wainwright, siehe Wratten.
Walrat, zu Injektionen 13, — Zusatz bei Paraffineinbettung 123.
Wanderzellen, Fortsatzbildungen 224, 227, — Teilung 295, 299, — Vorkommen 354.
Wasser zum Auswaschen fixierter Objekte 101, 102, — als Einschlussmedium 117, 135, — zum Macerieren 109, — als Reagens 161, — abgekochtes, zum Tödten von Thieren 9.
Wasserheizapparate für konstante Temperatur 92.
Wasserimmersionen 33.
Wasserlösliches Nigrosin, siehe Nigrosin.
Wasserstoff als Spaltungsprodukt des Glycerins 136.
Wasserstoffsuperoxyd, Entfärben nach Osmiumsäure 174, — als Reagens 156.
Wedl, Orseille 192.
Weigert, Anilinöl bei Anilinfärbungen 186, — Auswaschen von Chromsäurepräparaten 182, — Färbemethoden 185, 187, 192, 193, 195, — Härtungsmethode 106.
Weinsäure, Reaktion 173. Siehe auch Goldimprägnation.
Weismann'sche Muskelfasern 380.
Weiße Blutkörperchen, siehe Leucocyten.
Weiße Muskeln, Mammalia 377.
Weiße Substanz, Ganglien 384.
Weitwinkelapparat, zur Reduktion von Zeichnungen 82.
Welicky, Goldimprägnation 177.
Wellenbewegung, Sinne zur Perception derselben 236, 238.
Wenham, Korrektion von Objektivsystemen 36, — Parabolic Reflector 39.
Werner und Winter, lithographische Anstalt 83.
Weyl'sche Flüssigkeit als Reagens 160.
Wharton'sche Sulze 344.

Whitman, Härten pelagischer Fischeier 106.
Wimperborsten 229, 230, 231.
Wimperepithelzellen 231, 233, 234, — Fixieren 102, 104.
Wimpergriffel 231.
Wimperhaken 229, 230.
Wimperkammern, Spongia 232.
Wimpern 229, — Fixierungsmethoden 102, 104.
Wimperplättchen, Infusoria 332.
Wimperzellen (pelagische Larven), Innervierung 400.
Wirbellose, siehe Evertebrata.
Wirbeltiergewebe, Färbung intra vitam nach S. Mayer 198.
Wissotzky, Nachweis von Hämoglobin 191, — Successive Doppelfärbung 197.
Wittich, v., Pepsingewinnung 164.
Wollaston, Camera lucida 68.
Woodburytypie 82.
Worm-Müller, Anwendung der Fehling-schen Lösung 158.
Wratten und Wainwright, Trockenplatten 77.

Xanthin, Löslichkeit 161, — Reaktionen 152, 154, 156, 157, 160.
Xylographie 85.
Xylol, als Aufhellungsmittel 183, 205, — Auflösen von Canadabalsam 139, — Auflösen von Paraffin 134.
Xylolbalsam, Einschlussmedium für Bakterienpräparate 205.

Zacharias, Sichtbarmachen des Plastins 210.
Zählen von Bakterien 207.
Zahnbein 348.
Zeichenstifte 72.
Zeichnen mikroskopischer Bilder 67, 71.
Zeiss, Camera lucida (nach Abbe) 70, — Kondensator (nach Abbe) 43, — Drehscheibe für Blenden 42, — Illuminator 40, — Mikrospektroskop (nach Dippel) 62, — Mikospektralobjektiv (nach Engelmann) 63, — Mikrotom (nach Körting) 128, — Objektive 133, — Polarisationsmikroskop 65, — Reisemikroskop 53, — Stereoskopisches Okular (nach Abbe) 60, — -Abbe Wellenlängenskala für das Spektralokular 62.
Zellabsonderungen, siehe Absonderungen.
Zelle, Definition 211, — Membran 212, Zelle, Intercellularsubstanz 213, — Gewebe 213, — Protoplasma 215, 220, — Einschlüsse 219, — Kern 220, — Gestalt 221, — Fortsatzbildungen 224.
Zelleinschlüsse 181, 211, **219**, 224, 323.
Zellen, leere, für Trockenpräparate 146.
Zellgrenzen, Silberimprägnation 178, 179.
Zellkern, siehe Kern.
Zellmembranen 173, 183, **212**, 213, 295, **328**, 361, 376, 385, 390. Siehe auch Membranbildungen.
Zellplatte **287**, 295.
Zellsaft 218.
Zellsprossung 256, 300.
Zellstrukturen, Darstellungsmethode 99.
Zellteilung, Nomenclatur 255, — Indirekte Zellteilung 257, — Amitotische Kinese 278, — Kinetische Zellteilung bei Protozoën 297, — Direkte Zellteilung 298, — Zellsprossung 300, — Kernzellsprossung 300, — Litteratur 304.
Zellzerklüftung 256.
Zerdrücken von Präparaten, Schutzmaßregeln dagegen 147.
Zerfallsprodukte abgestorbener Zellen, Färbbarkeit 188.
Zerstreuungsprismen 62.
Zertrümmern der Gewebe vor deren Untersuchung 111.
Zerzupfen von Geweben vor deren Untersuchung 108.
Zinkchlorid, als Härtungsmittel 107.
Zinkographie 83.
Zinkplatten, siehe Zinkographie.
Zinnchlorid, Silberimprägnation 179.
Zona pellucida, Mammalia 329, — Echinodermata 329.
Zoofulvin, Absorptionsspektrum 170.
Zoonerythrin 315, — Absorptionsspektrum 170, — Löslichkeit 161.
Zoorubin 315.
Zottenepithel, Bürstenbesatz 330.
Zucker, Bereitung von Nährmedien 205, — Darstellung aus Paraglykogen 314, — Löslichkeit 161, — Reaktion 158. Siehe auch Traubenzucker.
Zupfpräparate, Goldimprägnation 176.
Zusammengesetztes Bindegewebe 352.
Zusatzflüssigkeiten beim Präparieren 8.
Zwischenmaterie, Kern 245.
Zwischensäulen, Wimperepithel 234.
Zwischenscheiben, quergestreifte Muskelfaser **363**, 365, 366, 367, 368, 375, 377, 378, 384.

Autoren-Register.

Autorennamen, welche auf die Technik Bezug haben, sind im Sach-Register nachzuschlagen.

Abbe 33.
Adamkiewicz 153.
Allman 373.
Andrew Ross 37.
Arnold 299.
Auerbach 257, 293.

Balbiani 240, 241, 245, 246, 250, 251, 293, 313.
Balfour 388.
Baranetzky 250.
Beale 242.
Beddard 373.
Bedot 327, 388.
Bellonci 276.
van Beneden 221, 245, 246, 264, 269, 270, 271, 272, 275, 278, 279, 282, 286, 289, 291, 293, 294, 301.
Béraneck 373.
Berger 315.
Blanchard, R. 362, 373.
Blochmann 297.
Boeck 381.
Bogdanow 315.
Boveri 260, 264, 269, 270, 272, 278, 282, 285, 288, 393, 397.
Bowman 367, 381.
Brandt 226, 317, 318.
Brass 244.
Bremer 368.
Brock 354.
Broesike 352.
Bruch 341.
Brücke 211, 381.
Bubnoff 340.
Budge 340.
Bütschli 119, 221, 233, 259, 282, 285, 297, 298, 314, 324, 357, 360.

Carnoy 221, 241, 245, 246, 250, 251, 254, 261, 272, 278, 285, 290, 293, 299.
Carter 314, 318, 357.
Castronovo 400.
Cattani 395.
Chun 328, 333.
Ciaccio 378.
Claparède 221, 316, 317, 397.
Clark 328.
Cohnheim 381.
Cornil 297.

Danilewsky 364.
Davidoff 301.
Dietl 387, 399.
Dippel 54, 65.
Dujardin 211.

Eberth 233.
v. Ebner 63, 352.
Edinger 400.
Ehrlich 390.
Eimer 253, 333, 356.
Eisig 236.
Emery 369, 374.
Engelmann, Th. W. 41, 44, 63, 233, 357, 362, 364, 365, 373, 381, 400.
Entz 227, 233.
Ewald 395, 398.

Felix 376.
Fessler 400.
Fisch 227.
Flemming 221, 225, 240, 241, 245, 246, 256, 259, 260, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 288, 289, 291, 292, 293, 299, 385.
Flesch 384.
Fol 221, 230, 233, 247 250, 251, 254, 257, 258, 264, 269, 272, 278, 280, 282, 284, 285, 288, 293, 297, 301, 306, 308, 313, 318, 322, 333, 347, 359, 360, 362, 369, 372, 374, 382, 387, 400.
Fraipont 300.
Frenzel 234.
Fritsch 385, 389.
Frommann 392.
Fürstenberg 353.

Gagliardi 352.
Geddes 327.
Gegenbaur 349, 351.
van Genderen Stort 399.
Gerlach 341.
Gierke 320, 322.
Götte 377.
Le Goff 395.

Golgi 387, 391, 395, 398.
Goodfellow 381.
Gottlieb 314.
Graff 317, 333, 373.
Grassi 324, 400.
Grenacher 226, 237, 316.
Gruber 244, 298.
Grützner 377.
Guignard 282.

Haeckel 73, 74.
Hamann 373.
Hanstein 246.
Haswell 373.
Hatschek 318, 372, 377.
Heidenhain, R. 305.
Heitzmann 219, 240, 340.
Henle 320.
Hennig 394, 395.
Hensen 237, 381.
Hertwig 260, 278, 279, 324, 358, 373, 382, 383.
Hertwig, O. 282, 297, 312, 341, 383, 400.
Hertwig, R. 298, 300.
Heuser 273.
His 74, 320, 387, 388, 393.
Hofer 400.
Hoffmann 237.

Jensen 327.
Jickeli 326.
Johow 299.
Jourdan 373.
Joyeux-Laffuie 354.

Keferstein 373.
Kent, S. 232.
Key 344.
Klebs 119, 314.
Klein 260.
Köhler 378.
Kölliker 272, 352, 373.
Kolster 341.
Korotneff 327.
Korschelt 250.
Kostschenko 351.
Kotlarewsky 384.
Kowalewsky 74.
Krause 381.
Krukenberg 170, 315, 338, 346, 347.
Kühne 337, 380, 395, 398.
Künstler 324.
Kultschitzky 269, 272, 360.
Kupffer 400.

Landwehr, H. A. 154.
Langer, C. 353.
Langerhans 389, 394.
Lealand 381.
Lee, A. B. 238.
v. Lendenfeld 382.
Leuckart 373.
Leydig 221, 245, 246, 251, 374, 397, 400.
Lieberkühn 318.
List 307.

Macallum 400.
Macdonald 389.
Margo 362, 373.
Mark 281.
Maupas 300.
Mays 392.
Meckel 320.
Metschnikoff 74.
Mettenheimer 362.
Meyer 170.
v. Mohl, H. 211.
Mondino 395.
Moroschowetz 337.
Moseley 315.
Müller 362.
Müller, M. 373.

Nägeli 65.
Nansen, F. 387, 389.
Nasse 364.
Neumann 353.
Neyt 269.
Niemec 333, 360.
Nitsch 373.
Nussbaum 269, 272.

Owsjannikov 395.

Paladino 400.
Paneth 362, 373.
Pfitzner 239, 246, 271, 288, 293.
Pierret 386.
Plate 285.
Platner 278, 280, 284, 285, 287.
Podwyssozky 359.
Porter 395.
Purkinje 211, 372, 391.

Rabl 272.
Ranvier 219, 226, 299, 304, 306, 309, 319, 321, 369, 388, 394, 395, 396.
vom Rath 241.
Rawitz 387.
Reinke 219.
Reissner 393.
Remak 391.
Renaut 226, 319, 397.
Retzius 237, 272, 276, 344, 368, 384 387, 388, 389, 394, 396, 397.
Rezzonico 395.
Riedel 379.
Rietsch 318.
Robin 300.
Rohde 397.
Rollett 344, 367, 369, 378, 381, 382.
Roule 301.
Rumpf 395.

Sabatier 301, 340.
Sagemehl 388.
Sarasin, C. F. 342.
Schewiakoff 298, 357.
Schiefferdecker 395.
Schipiloff 364.
Schleicher 257.
Schleiden 241.
Schmidt 357, 390.
Schmitz 299.
Schneider 257.
Schütz 343.
Schultze, H. 392.
Schultze, M. 241, 221, 389.
Schulze, F. E. 226, 236, 297, 298, 357, 373.
Schwalbe, G. 362, 392, 397.
Schwendener 65.
Selenka 74, 221.
Sharp 237.
Sharpey 352.
Simroth 400.
Solbrig 387.
Solger 340.
Soret 135, 140.
Spengel 348.
Stein 221, 227, 298, 324.
Stephenson 33.
Sterki 230.
Stieda 397.
Stirling 389.
Strasburger 245, 246, 258, 287, 295.

Toel 394.
Toldt 342.
Tourneux 395.
Trinchese 221.
Troja 352.

Valentin, G. 371.
Vejdovský 269, 272, 282, 348.
Viallanes 378, 379.
Vignal 387, 393, 394.
Villot 293.
Virchow 353.
Virchow, H. 345.
Voit 345.

Wagener, G. 362.
Wagner 373.
Waldstein 395.
Weber 395.
Weismann 288, 372, 379, 380, 399.
Welcker 46.
Wenham 36.
White 399.
Wielowiejski 246.
v. Wittich 343.
Wolff 396.
Wrzesniowsky 387.

Zacharias 240, 249, 245, 268, 269, 272.

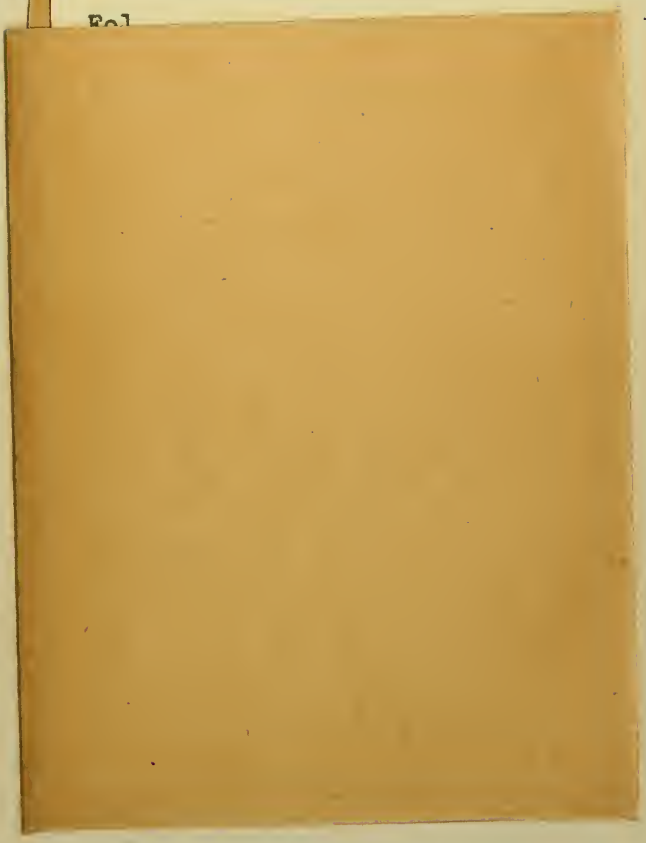
Berichtigung.

Columnentitel S. 179, 181, 183, 185, 187, 189, 191 ist zu setzen: mikrochemische statt mikroskopische.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARY

This book is due on the date indicated below, or at the expiration of a definite period after the date of borrowing, as provided by the rules of the Library or by special arrangement with the Librarian in charge.

DATE BORROWED	DATE DUE	DATE BORROWED	DATE DUE
C28(239)M100			

QM551 F69